



TUGAS AKHIR – TM141585

**PERANCANGAN DAN IMPLEMENTASI
RELIABILITY CENTERED MAINTENANCE (RCM)
PADA *GREASER SYSTEM HARD CAPSULE*
MACHINE DI PT. KAPSULINDO NUSANTARA**

DIASTANTO EKA D
NRP. 2113100145

Dosen Pembimbing:
Ir. Witantyo, M.Eng.Sc.

PROGRAM SARJANA
DEPARTEMEN TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA 2018



FINAL PROJECT – TM141585

**RELIABILITY CENTERED MAINTENANCE (RCM)
IMPLEMENTATION ON GREASER SYSTEM OF
HARD CAPSULE MACHINE IN PT. KAPSULINDO
NUSANTARA**

DIASTANTO EKA D
NRP. 2113100145

Research Supervisor
Ir. Witantyo, M.Eng.Sc.

BACHELOR PROGRAM
DEPARTMENT OF MECHANICAL ENGINEERING
FACULTY OF INDUSTRIAL TECHNOLOGY
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA 2018

**PERANCANGAN DAN IMPLEMENTASI *RELIABILITY
CENTERED MAINTENANCE (RCM)* PADA GREASER
SYSTEM HARD CAPSULE MACHINE DI PT.
KAPSULINDO NUSANTARA**

TUGAS AKHIR

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik
pada
Program Studi S-1 Departemen Teknik Mesin
Fakultas Teknologi Industri
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

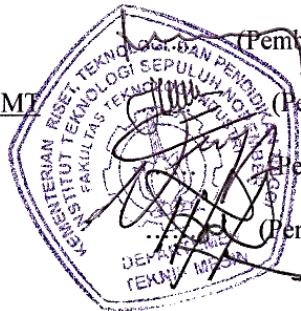
Oleh :

DIASTANTO EKA D

NRP. 2113 100 145

Disetujui oleh Tim Penguji Tugas Akhir :

1. Ir. Witantyo, M.Eng.Sc (Pembimbing)
NIP. 196303141988031002
2. Ari Kurniawan Saputra, ST, MT (Penguji I)
NIP. 198604012015041001
3. Dinny Harnany, ST, MSc (Penguji II)
NIP. 2100201405001
4. Ir. Sampurno, MT (Penguji III)
NIP. 196504041989031002



**SURABAYA
JANUARI, 2018**

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

**PERANCANGAN DAN IMPLEMENTASI
RELIABILITY CENTERED MAINTENANCE (RCM)
PADA GREASER SYSTEM HARD CAPSULE
MACHINE DI PT. KAPSULINDO NUSANTARA**

Nama Mahasiswa	: Diastanto Eka D
NRP	: 2113100145
Departemen	: Teknik Mesin FTI ITS
Dosen Pembimbing	: Ir. Witantyo, M.Eng.Sc.

Abstrak

Meningkatnya permintaan produk farmasi di Indonesia yang memiliki jumlah penduduk 261,89 juta jiwa membuat banyak perusahaan farmasi bermunculan. Perusahaan farmasi di Indonesia dituntut untuk memberikan jaminan kepada konsumen bahwa produk yang dihasilkan memenuhi standar kualitas yang telah ditetapkan. PT. Kapsulindo Nusantara merupakan salah satu perusahaan yang bergerak di industri farmasi yakni produksi obat dengan jenis *Oil Gelatine Capsule* dan *Standard Gelatine Capsule*. Terdapat 8 mesin pembuat kapsul beroperasi secara kontinu 24 jam sehari. Mesin yang memiliki frekuensi *downtime* paling besar yakni mesin D. Pada *Hard Capsule Machine*, terdapat 7 sistem yakni *dipping*, *upper deck*, *rear elevator*, *lower deck*, *table*, *block automatic*, dan *greaser system*. *Greaser system* merupakan salah satu dari *system* yang krusial, dimana sebagai pembersih dan pelumas pin bar. Apabila proses pelumasan dan pembersihan tidak berjalan dengan baik, kapsul yang dihasilkan akan mengalami penurunan kualitas. Selain itu *greaser system* dianalisis karena belum ada penelitian terdahulu yang mengangkat tentang *greaser system* secara mendalam di PT. Kapsulindo Nusantara.

Penelitian ini diawali dengan studi lapangan dan identifikasi permasalahan yang ada ke PT. Kapsulindo Nusantara untuk mengetahui kondisi dan informasi perusahaan. Studi literatur yang dilakukan adalah mengenai sistem *Hard Capsule Machine*

yakni gambar serta fungsi subsistem dan komponen. Selanjutnya pengolahan data digunakan metode *Reliability Centered Maintenance* (RCM). Setelah pendefisian deskripsi sistem dilaksanakan, dilanjutkan dengan identifikasi penyebab kegagalan dengan *RCM Information Worksheet*. Tahap akhir adalah analisis perawatan yang tepat dengan menggunakan *RCM Decision Worksheet*.

Hasil yang diperoleh dari penelitian ini adalah teridentifikasinya 31 *failure mode* dari hasil analisis *RCM decision worksheet*. Terdapat 8 *failure mode* yang dapat dicegah dengan *Scheduled on Condition Task*, 11 *failure mode* yang dapat dicegah dengan *Scheduled restoration task*, 9 *failure mode* yang dapat dicegah dengan *Scheduled discard task*, 2 *failure mode* yang perlakuan perawatannya dengan *failure finding* dan 1 *failure mode* yang harus di *redesign*. Selain karena *failure mode*, *redesign* pada *greaser shell* dikarenakan tingginya frekuensi *downtime* akibat system manual yang diterapkan saat ini. Satu *Failure mode* yang dicegah dengan *Redesign* adalah *greaser shell*. *Greaser shell* ditambahkan pipa penyalur fluida agar frekuensi penggantian *greaser shell* dapat berkurang.

Kata Kunci: Perawatan, *Hard Capsule Machine*, *Reliability Centered Maintenance*

RELIABILITY CENTERED MAINTENANCE (RCM) IMPLEMENTATION ON GREASER SYSTEM OF HARD CAPSULE MACHINE IN PT. KAPSULINDO NUSANTARA

Name : Diastanto Eka D
NRP : 2113100145
Departement : Mechanical Engineering FTI ITS
Research Supervisor : Ir. Witantyo, M.Eng.Sc.

Abstract

The increasing demand for pharmaceutical products in Indonesia which has a population of 261.89 million people makes a lot of newcomers in pharmaceutical industries. Pharmaceutical companies in Indonesia are required to provide high quality products in order to compete. PT. Kapsulindo Nusantara is one of the many companies in the Indonesia's pharmaceutical industry which has the speciality of capsule production with the type of Oil Gelatine Capsule and Standard Gelatine Capsule. There are 8 capsule machines operating continuously 24 hours a day. Machines that have the greatest downtime frequency is machine D. At Hard Capsule Machine, there are 7 systems. The systems are dipping, upper deck, rear elevator, lower deck, table, block automatic, and greaser system. Greaser system is one of the crucial system, where pin bar cleaned and lubricated. If the lubrication and cleaning process does not work properly, the quality of the capsule will decrease significantly. In addition, the greaser system was analyzed because no previous research about the greaser system at PT. Kapsulindo Nusantara.

This research begins with field study and identification of existing problems to PT. Kapsulindo Nusantara to examine the condition and company information. Hard Capsule Machine system will be analyzed in order to get the function of each subsystem and component. Reliability Centered Maintenance

(RCM) method used for further data processing. After defining the system description, proceed with identifying the cause of failure with RCM Information Worksheet. The final stage is an appropriate failure mode analysis using the RCM Decision Worksheet.

The result of this research is the identification of 31 failure modes from result of RCM decision worksheet analysis. There are eight preventable modes of failure with Scheduled on Condition Task, 11 preventable modes of failure with Scheduled restoration task, 9 preventable failure modes with Scheduled discard task, 2 failure modes treated by failure finding and 1 failure mode in redesign. In addition to failure mode, redesign on the greaser shell due to the high frequency of downtime due to manual system applied today. One Failure mode that is prevented by Redesign is a greaser shell. Greaser shell will be added with the brand new fluid supply pipes, so the greaser shell replacement frequency can be reduced significantly.

Keywords : Maintenance, Hard Capsule Machine, Reliability Centered Maintenance

KATA PENGANTAR

Puji syukur dihaturkan kehadirat Allah Subhanallahu Wa Ta'ala, hanya karena tuntunan-Nya penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini. Tugas Akhir ini disusun untuk memenuhi persyaratan kelulusan pendidikan Sarjana S-1 di Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.

Penyusunan Tugas Akhir ini dapat terlaksana dengan baik atas bantuan dan kerjasama dari berbagai pihak. Pada kesempatan ini penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada:

1. Kedua orang tua penulis, Anang Asrianto dan Moelawardiasoeti yang selalu mendukung, mendoakan, mendorong, menyemangati, mendoakan dan banyak lagi hal yang tidak mungkin cukup jika hanya diungkapkan dengan kata-kata sehingga penulis bisa menjalani pendidikan dengan semangat dan penuh kegembiraan.
2. Ir. Witantyo, M.Eng.Sc. yang selalu memberikan bimbingan dan arahan dalam penulisan Tugas Akhir ini.
3. Ari Kurniawan Saputra, S.T., M.T, Dinny Harnany, S.T., M.Sc. dan Ir. Sampurno, MT selaku dosen penguji yang telah memberikan saran dan kritik kepada penulis tentang Tugas Akhir ini.
4. Seluruh dosen dan karyawan Departemen Teknik Mesin yang telah memberikan ilmu-ilmu yang berguna.
5. Mas Ridwan, Pak Dayat, Pak Izdan yang telah membantu dan mengarahkan pada saat pengambilan data di perusahaan.
6. Rizal Adi Saputra sebagai sahabat yang turut membantu dan menyemangati dalam pembuatan Tugas Akhir ini
7. Diyanti Pramita yang selalu membantu, menyemangati, meghibur dan mendoakan penulis selama pengerjaan

Tugas Akhir sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir dengan baik.

8. Teman-teman Gria Pena, Adhit, Bonar, Ditra, Dan, Lio, Charrel, Doncang dan Iyan. Terimakasih atas tumpangan kosan yang baru.
9. Teman-teman seperjuangan di Teknik Mesin, Fridam, Ipin, Atsa, Fitri, Bima, Dewani, Fandi, Andri, Romario, Eja, Broti, Dipta, Aip, Wisnu, Sarbo. Semoga sukses selalu.
10. Teman-teman Lab Rekayasa Sistem Industri, Awo, Fachri, Jagang, Wicak, Rexa, Bewe dan warga Lab lainnya.
11. Delia Listiana, sebagai partner TA dengan tema TA yang sama.
12. Keluarga Angkatan M56, saling mengingatkan dan menyemangati dalam hal kebaikan sejak awal perkuliahan sampai sekarang.
13. Pihak-pihak lain yang tidak dapat disebutkan satu-persatu oleh penulis.

Dengan segala keterbatasan kemampuan serta pengetahuan penulis, tidak menutup kemungkinan Tugas Akhir ini jauh dari sempurna. Oleh karena itu, penulis bersedia menerima kritik dan saran dari berbagai pihak untuk penyempurnaan lebih lanjut. Semoga hasil penulisan Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi semua pihak.

Surabaya, Januari 2018

Penulis

DAFTAR ISI

Abstrak	v
<i>Abstract</i>	vii
KATA PENGANTAR	ix
DAFTAR ISI	xi
DAFTAR GAMBAR	xv
DAFTAR TABEL	xvii
BAB I	1
1.1 Latar Belakang	1
1.1 Rumusan Masalah	6
1.2 Tujuan Penelitian	6
1.3 Batasan Masalah	7
1.4 Manfaat Penelitian	7
BAB II	9
2.1 Tinjauan Pustaka	9
2.2 Dasar Teori	11
2.2.1 Perawatan	11
2.2.1.1 Tujuan Perawatan	12
2.2.1.2 Jenis Perawatan	12
2.2.2 Reliability Centered Maintenance (RCM)	13
2.2.2.1 Langkah-langkah penerapan Reliability Centered Maintenance (RCM)	16

2.2.2.2 Fungsi dan Standar Kinerja (<i>System Functions and Performance Standard</i>).....	18
2.2.2.3 Kegagalan Fungsi (<i>Functional Failure</i>)	19
2.2.2.4 Modus Kegagalan (<i>Failure Mode</i>)	19
2.2.2.5 Dampak Kegagalan (<i>Failure effect</i>)	20
2.2.2.6 Konsekuensi Kegagalan (<i>Failure Consequences</i>).....	20
2.2.2.7 Teknik Penanganan Kegagalan (<i>Failure Management Techniques</i>)	21
2.2.3 Analisis Penyebab dan Efek Kegagalan	24
2.2.4 Analisis <i>Maintenance Task</i>	25
2.2.5 <i>Hard Capsule Machine</i>	27
2.2.5.1 Pengertian <i>Hard Capsule Machine</i>	27
2.2.5.2 Proses Produksi Kapsul	29
2.2.6 <i>Laminar flow</i> pada Pipa <i>Annulus</i>	30
BAB III	35
3.1 Diagram Alir Penelitian	35
3.2 Metodologi Penelitian	37
3.2.1 Studi Pustaka, Observasi Lapangan dan Identifikasi Permasalahan	37
3.2.2 Rumusan Masalah	38
3.2.3 Pendefinisian Batasan sistem.....	38
3.2.4 Pengumpulan Data	39
3.2.5 Penyusunan Functional Block Diagram (FBD).....	39
3.2.6 Identifikasi Fungsi sistem dan Kegagalan <i>Greaser system</i>	40
3.2.7 <i>RCM Information Worksheet</i>	40

3.2.8	Analisis dan Perencanaan Perawatan dengan RCM Decision Worksheet	40
3.2.9	Rekomendasi	41
BAB IV	.....	43
4.1	Sistem Pemeliharaan PT. Kapsulindo Nusantara	43
4.2	Analisis Greaser System	48
4.3	Analisis Penyebab dan Efek Kegagalan dengan RCM Information Worksheet	59
4.4	Analisis RCM Decision Worksheet	74
4.5	Rekomendasi.....	81
4.5.1	Maintenance Task	81
4.5.2	Redesign	82
BAB V	.....	99
5.1	Kesimpulan	99
5.2	Saran	100
DAFTAR PUSTAKA	.....	103
LAMPIRAN	.....	105
BIODATA PENULIS	.....	115

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1	Diagram frekuensi kerusakan Hard Capsule Machine periode Januari – Juni 2017.....	3
Gambar 1.2	Hard Capsule Machine pada PT. Kapsulindo Nusantara.....	4
Gambar 1.3	Diagram frekuensi downtime Greaser System Hard Capsule Machine periode Januari – Juni 2017	5
Gambar 2.1	Age reliability patterns pada komponen nonstruktural [17].	14
Gambar 2.2	Sistem Hard Capsule Machine	28
Gambar 2.3	Skema pipa annulus	31
Gambar 3.1	Diagram Alir Penelitian	37
Gambar 4.1	<i>Preventive maintenance</i> harian PT. Kapsulindo Nusantara.....	44
Gambar 4.2	<i>Preventive maintenance</i> harian PT. Kapsulindo Nusantara.....	44
Gambar 4.3	Penggantian <i>Bevel Gear</i> yang aus bukan pada saat <i>scheduled overhaul</i>	45
Gambar 4.4	Pinion gear aus	46
Gambar 4.5	Idler gear aus	46
Gambar 4.6	Diagram pareto <i>Unscheduled Downtime</i> HCM mesin	47
Gambar 4.7	Greaser System pada Hard Capsule Machine	49
Gambar 4.8	Free Body Diagram penggerak Greaser System pada Hard Capsule Machine.....	51
Gambar 4.9	Foto komponen main gear subsystem.....	52
Gambar 4.10	Tampak samping main gear subsystem	53
Gambar 4.11	Tampak depan main gear subsystem	53
Gambar 4.12	Block greaser subsystem yang tertutup.....	55
Gambar 4.13	Tampak samping block greaser subsystem	55

Gambar 4.14	Pengolesan felt dengan lestisin secara manual.....	56
Gambar 4.15	Upper elevator.....	57
Gambar 4.16	Elevator bawah.....	57
Gambar 4.17	Elevator atas dan bawah dalam greaser system ...	58
Gambar 4.18	Elevator atas dan bawah dalam greaser system ...	58
Gambar 4.19	Elevator bawah.....	59
Gambar 4.20	Tampak luar greaser shell lama yang telah di assemble dengan spindle gear	83
Gambar 4.21	Tampak luar greaser shell lama.....	84
Gambar 4.22	Tampak dalam greaser shell lama	84
Gambar 4.23	Tampak luar greaser shell hasil redesign yang telah di assemble dengan spindle gear	85
Gambar 4.24	Tampak dalam greaser shell	86
Gambar 4.25	Tampak luar pipa fluida	86
Gambar 4.26	Tampak luar pipa fluida	87
Gambar 4.27	Tampak luar greaser shell hasil redesign	87
Gambar 4.28	Tampak dalam greaser shell hasil redesign.....	88
Gambar 4.29	Tampak luar greaser shell baru	88
Gambar 4.30	Tampak dalam greaser shell baru.....	89
Gambar 4.31	Tampak depan greaser shell baru.....	89
Gambar 4.32	Penahan pipa fluida	90
Gambar 4.33	Dimensi penahan pipa fluida.....	90
Gambar 4.34	Greaser shell dan block greaser yang telah ter- assemble	91
Gambar 4.35	Greaser shell dan block greaser yang telah ter- assemble, tampak dekat	91
Gambar 4.36	Skema pipa annulus.....	92
Gambar 4.37	Low pressure Dosing pump	96
Gambar 4.38	Desain manifold	97
Gambar 4.39	Tampak samping desain manifold.....	97

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Tabel RCM Information Worksheet.....	25
Tabel 2.2 Tabel RCM Decision Worksheet.....	25
Tabel 4.1 Data Sheet Greaser System - Hard Capsule Machine.	49
Tabel 4.2 RCM Information Worksheet pada Main Gear Subsystem	59
Tabel 4.3 RCM Information Worksheet pada Block Greaser Subsystem	66
Tabel 4.4 RCM Information Worksheet pada Conveyor Subsystem	70
Tabel 4.5 Kerugian biaya pada masing-masing subsystem	73
Tabel 4.6 RCM Decision Worksheet pada Main Gear Subsystem	74
Tabel 4.7 Contoh pembacaan RCM Information Worksheet	77
Tabel 4.8 RCM Decision Worksheet pada Block Greaser Subsystem	78
Tabel 4.9 RCM Decision Worksheet pada Conveyor Subsystem	79
Tabel 4.10 Rekomendasi Maintenance Task	81

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Meningkatnya permintaan produk farmasi di Indonesia yang memiliki jumlah penduduk 261,89 juta jiwa [1] membuat banyak perusahaan farmasi bermunculan. Berdasarkan data Kementerian Kesehatan, pada tahun 2016 terdapat 214 industri farmasi di Indonesia [2]. Banyaknya jumlah perusahaan farmasi ini memacu setiap perusahaan farmasi untuk meningkatkan hasil produksi agar mampu bersaing dengan perusahaan farmasi lainnya. Saat ini 90% kebutuhan produk farmasi di pasar Indonesia sudah dapat dipenuhi oleh produksi dalam negeri, tetapi produksi tersebut masih bergantung 95% bahan bakunya dari luar [3]. Oleh karenanya, selain kuantitas, perusahaan farmasi di Indonesia juga dituntut untuk memberikan jaminan kepada konsumen bahwa produk yang dihasilkan memenuhi standar kualitas yang telah ditetapkan

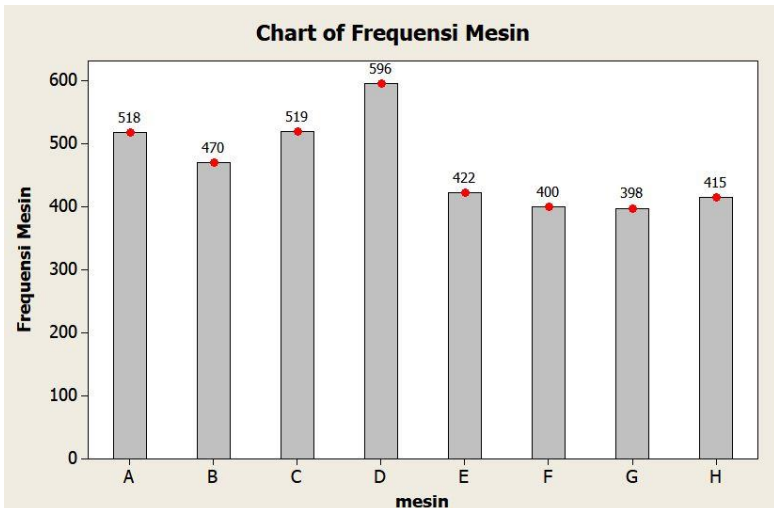
PT. Kapsulindo Nusantara merupakan salah satu perusahaan yang bergerak di industri farmasi yakni produksi obat dengan jenis *Oil Gelatine Capsule* dan *Standard Gelatine Capsule* dengan ukuran kapsul 3,2,1,0 dan 00. Untuk memenuhi permintaan, PT. Kapsulindo Nusantara berinvestasi sebanyak 8 mesin pembuat kapsul yang didatangkan secara bertahap mulai dari tahun 1985 hingga tahun 1997. Mesin beroperasi secara kontinu 24 jam sehari yang dioperasikan oleh operator dengan pembagian 3 shift kerja. Mesin yang digunakan oleh PT. Kapsulindo Nusantara adalah *Hard Capsule Machine* type R&J buatan Kanada dan India.

Hard Capsule Machine merupakan mesin utama dalam proses produksi kapsul. *Hard Capsule Machine* digunakan untuk mengolah gelatin menjadi kapsul. *Hard Capsule Machine* sangat vital dalam produksi kapsul. Di dalam *Hard Capsule Machine* terdapat komponen-komponen yang menunjang sistem berjalan dengan fungsinya. Namun pada kenyataannya, di perusahaan ini

masih sering terjadinya penghentian *line* produksi yang diakibatkan oleh kerusakan (*failure*) pada komponen. Terhentinya *line* produksi karena kerusakan pada komponen ini disebut *downtime*. Dengan proses produksi yang kontinu, ketika sering terjadi *downtime*, maka semakin besar perusahaan akan mengalami kerugian. Menurut data dari PT Kapsulindo Nusantara, total kerugian akibat *downtime* pada tahun 2016 sebesar Rp 12 milyar.

Selain masalah *downtime* yang diakibatkan oleh kerusakan mesin, *downtime* diakibatkan juga oleh cacat yang terjadi pada kapsul. Operator akan menghentikan proses produksi apabila ditemukan cacat kapsul yang banyak dalam beberapa kurun waktu operator mengambil *sample* dari dalam bak penampungan kapsul. Operator akan mencari letak kesalahan dari mesin berdasarkan jenis *defect* kapsul. Setelah didapatkan akar permasalahan dan mencatat kedalam lembar *downtime*, operator akan kembali menyalakan *Hard Capsule Machine*.

Penelitian dilakukan di PT. Kapsulindo Nusantara, Gunung Putri Bogor dengan mengambil periode *downtime* mulai Januari hingga Juni 2017. Pada periode tersebut mesin mengalami *downtime* yang cukup banyak, mengakibatkan proses produksi kapsul terganggu.



Gambar 1.1 Diagram frekuensi kerusakan *Hard Capsule Machine* periode Januari – Juni 2017

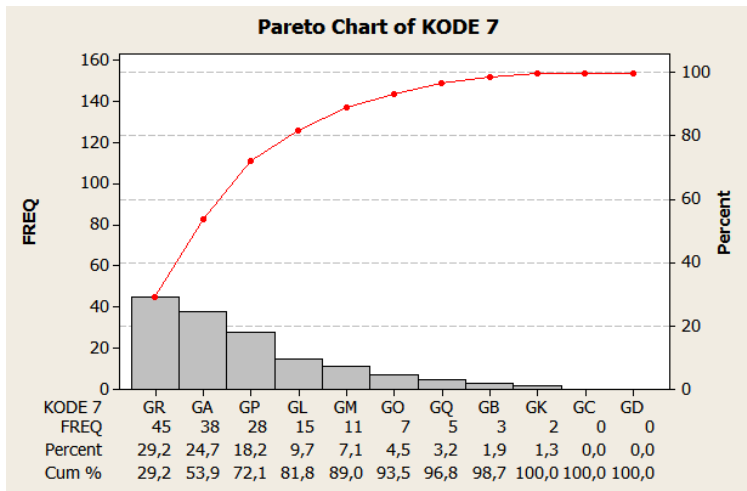
Gambar 1.1 menunjukkan bahwa mesin yang memiliki waktu downtime terbanyak adalah *Hard Capsule Machine D* dengan periode downtime sebanyak 596 kali dalam waktu 6 bulan. Grafik diatas menunjukkan bahwa *Hard Capsule Machine A-D* memiliki frekuensi yang tidak jauh berbeda dikarenakan *Hard Capsule Machine A-D* buatan Kanada merupakan mesin pengadaan awal perusahaan. Sedangkan *Hard Capsule Machine E-H* buatan India merupakan pengadaan terakhir dimana terdapat pembaruan sistem mesin yang membuat keandalannya lebih baik. Oleh karena itu, penelitian difokuskan pada *Hard Capsule Machine D* seperti pada gambar 1.2



Gambar 1.2 *Hard Capsule Machine* pada PT. Kapsulindo Nusantara

Berdasarkan analisis awal pada setiap sistem didapatkan bahwa *greaser system* merupakan salah satu dari sistem yang krusial, dimana sebagai pembersih dan pelumas *pin bar*. Apabila proses pelumasan dan pembersihan tidak berjalan dengan baik, kapsul yang dihasilkan akan mengalami penurunan kualitas. Pada *greaser system*, belum banyak ubahan yang dilakukan oleh perusahaan jika dibandingkan dengan sistem *automatic block*. Selain itu, subsistem *greaser* mengalami frekuensi *downtime* salah satu yang paling banyak. Lalu, belum ada penelitian terdahulu tentang analisis *greaser system*. Hasil data sistem *greaser* diolah menggunakan prinsip pareto. Prinsip pareto merupakan merupakan metode standar dalam pengendalian mutu untuk mendapatkan hasil maksimal atau memilih masalah-masalah utama. Prinsip pareto (seringkali disebut aturan 80-20) adalah aturan dimana 80% dari gangguan berasal dari 20% masalah yang ada. Aturan pareto ini banyak diaplikasikan dalam manajemen, ekonomi dan bisnis untuk

meningkatkan produktivitas dan membuat keputusan yang lebih baik [4]. Untuk memudahkan analisis pareto, kode kerusakan dibagi menjadi 3 kelompok, sesuai dengan prinsip ABC [5].



Gambar 1.3 Diagram frekuensi *downtime Greaser System Hard Capsule Machine* periode Januari – Juni 2017

Merujuk pada gambar 1.3, 3 kode pertama pada prinsip ABC diklasifikasikan sebagai kerusakan utama sekaligus kelompok A yakni GR (*Block Greaser*), GA (*Conveyor Atas*) dan GP (*Timing Greaser*) yang memiliki dampak kumulatif sebesar 72.1%. Lalu kode-kode pada kelompok B adalah GL (*Arm Greaser*), GM (*Stood Greaser*) dan GO (*Stroke Greaser*) yang memiliki dampak kumulatif sebesar 93.5%. Terakhir, kode-kode pada kelompok C adalah GQ (*Smashing Greaser*), GB (*Stood Greaser*) dan GK (*Safety Greaser*) yang memiliki dampak kumulatif sebesar 93.5%.

Terjadinya *downtime* pada *Hard Capsule Machine D*, menunjukkan perlunya perawatan yang tepat pada mesin tersebut. Menurut Setiawan (2008), pemeliharaan adalah tindakan merawat mesin atau peralatan pabrik dengan memperbaharui umur masa

pakai dan kegagalan/kerusakan mesin. Dengan perawatan, kegagalan fungsi mesin dapat diminimalisasi [6]. Hal ini dapat dianalisis menggunakan *Reliability Centered Maintenance* (RCM). RCM adalah suatu proses yang digunakan untuk menentukan tindakan yang harus dilakukan supaya asset fisik atau suatu sistem berjalan sesuai dengan yang direncanakan [7].

Atas dasar-dasar tersebut, penelitian ini mengusulkan penggunaan metode *Reliability Centered Maintenance* (RCM) untuk menganalisis penyebab terjadinya *downtime* pada *greaser system Hard Capsule Machine* pada PT Kapsulindo Nusantara. Diharapkan dari proses RCM ini dapat menghasilkan usulan perawatan pada mesin sehingga meningkatkan produktivitas perusahaan.

1.1 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah dijelaskan sebelumnya, maka rumusan masalah yang akan diangkat pada penelitian ini adalah bagaimana menentukan metode dan perlakuan perawatan yang sesuai dengan fungsi masing-masing komponen pada *greaser system Hard Capsule Machine* menggunakan metode *Reliability Centered Maintenance* (RCM) untuk menurunkan *downtime* mesin .

1.2 Tujuan Penelitian

Mengacu pada rumusan masalah diatas, tujuan dari penelitian ini adalah mengurangi *downtime* pada *greaser system Hard Capsule Machine*. Untuk mengurangi *downtime*, masing-masing komponen pada *greaser system Hard Capsule Machine* dengan akan ditentukan metode dan perlakuan perawatan yang sesuai dengan menggunakan metode *Reliability Centered Maintenance* (RCM) sekaligus dilakukan modifikasi pada komponen yang memiliki masalah paling besar.

1.3 Batasan Masalah

Karena luasnya permasalahan pada *Hard Capsule Machine*, maka terdapat beberapa batasan masalah sebagai berikut:

1. Sistem yang dianalisis adalah *Hard Capsule Machine D*.
2. Subsistem yang dianalisis adalah *greaser system*.

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat yang didapat dari penelitian tugas akhir ini adalah sebagai berikut :

1. Mengetahui faktor-faktor penyebab terjadinya *downtime*.
2. Mengetahui bagaimana RCM meningkatkan keandalan sehingga perawatan menurun.
3. Memberikan rekomendasi kepada perusahaan dalam melakukan kegiatan perawatan yang tepat pada *Hard Capsule Machine*.

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Tinjauan Pustaka

Perawatan merupakan hal yang penting untuk mesin penunjang proses produksi. Tanpa proses perawatan yang memadai, mesin akan mengalami *downtime* untuk jangka waktu tertentu. Waktu *downtime* yang lama akan mengakibatkan terhentinya proses produksi dan perusahaan akan mengalami kerugian.

Untuk memperoleh sistem perawatan yang seefisien mungkin dan biaya perawatan yang dapat ditekan, dilakukan penelitian-penelitian mengenai penentuan jenis perawatan dan penentuan kebutuhan komponen dilakukan. Salah satu jenis perawatan adalah *RCM (Reliability Centered Maintenance)*. Penelitian sebelumnya mengenai *RCM* ini salah satunya adalah *Reliability Centered Maintenance Methodology for Goliath Crane of Transmission Tower* [8]. Penelitian ini diawali dengan menjawab 7 pertanyaan dasar *RCM* yakni *system function, functional failure, failure modes, failure effect, failure consequences, proactive task* dan *default actions* pada perusahaan *Transmission Power* di India. Empat jawaban pertama dari 7 pertanyaan dasar *RCM* tersebut ditulis dalam *RCM Information Worksheet*. sedangkan 3 jawaban terakhir ditulis dalam *RCM decision worksheet*. *RCM information worksheet* ditulis sesuai dengan fungsi dari masing-masing komponen dalam satu sistem. Pada akhirnya, didapat analisis *maintenance tasks* dari *Transmission Tower* yang sesuai untuk setiap modus kegagalan yang terjadi menggunakan *RCM Decision Worksheet*.

Penelitian lainnya yang menggunakan metode *Reliability Centered Maintenance (RCM)* adalah Perancangan *RCM* Untuk Mengurangi *Downtime* Mesin Pada Perusahaan Manufaktur Aluminium [9]. Penelitian ini dilakukan untuk menganalisis penyebab sering terjadinya *downtime* pada pabrik pembuatan

Aluminium. Selama ini target perusahaan belum terjadi karena tingginya *downtime* pada mesin. Sistem *maintenance* pada perusahaan selama ini adalah *breakdown maintenance*, dimana pemeliharaan sebuah komponen menunggu sampai rusak untuk kemudian komponen tersebut diperbaiki atau diganti dengan komponen baru. Oleh karenanya dibutuhkan metode pemeliharaan yang tepat pada masing-masing komponen yakni dengan metode *Reliability Centered Maintenance (RCM)*. Pada penelitian ini memiliki tahap perancangan RCM meliputi *Fault Tree Analysis (FTA)*, *Failure Mode and Effect Analysis (FMEA)*, dan penentuan kategori konsekuensi kegagalan. Penelitian ini menghitung RPN yang ditentukan dari *severity*, *occurrence*, dan *detection*. Pada keputusan pemeliharaan RCM disertakan pula nilai *Mean Time Between Failure (MTBF)* untuk setiap komponen mesin yang mengalami kegagalan. Dengan analisis mendalam dengan RCM, perusahaan dapat menurunkan *downtime* sebesar 58%.

Pada tahun 2014, A.N Pratama dan Yudha Prasetyawan melaksanakan mengenai RCM penelitian dengan judul Perancangan Aktivitas Pemeliharaan Dengan *Reliability Centered Maintenance II* (Studi Kasus: Unit 4 PLTU PT.PJB Gresik) [10]. Penelitian ini dilakukan dengan menerapkan *Reliability Centered Maintenance* untuk menentukan rancangan aktivitas pemeliharaan yang tepat untuk unit 4 PLTU PT. PJB Gresik. Aktivitas pemeliharaan yang ditentukan untuk permasalahan yang ada adalah *scheduled discard task*, *scheduled restoration task* dan *finding failure*. Penjadwalan pemeliharaan dilakukan dengan metode *preventive maintenance* tradisional. Setelah itu ditentukan jadwal pemeliharaan dengan metode *RCM II*. Lalu dilakukan perbandingan efisiensi biaya sebelum dan sesudah diimplementasikannya metode RCM dengan menggunakan indikator *Net Present Value (NPV)*. Biaya pemeliharaan yang dimasukkan kedalam perhitungan NPV adalah peralatan kritis berdasarkan *Cost Based Critically*. Hasil akhir NPV didapatkan bahwa rancangan aktivitas pemeliharaan yang telah disesuaikan

dengan menggunakan *RCM* dapat memberikan pemasukan perusahaan sebesar Rp 568 Juta.

Analisis *RCM* juga dahulu pernah diteliti oleh Zieda Amalia pada Tahun 2016 yang berjudul Perancangan Sistem Pemeliharaan Pada Turbin 103-JT Menggunakan Metode *Reliability Centered Maintenance* (Studi Kasus: PT.Petrokimia Gresik Unit Amonia Pabrik I) [11]. Penelitian ini dilakukan dengan menerapkan *Reliability Centered Maintenance* untuk menentukan rancangan aktivitas pemeliharaan yang tepat untuk subsistem Turbin 103-JT PT. Petrokimia Gresik. Penelitian diawali dengan melakukan analisis data historis kerusakan. Lalu tahap *failure mode and effect analysis* dengan mengadopsi *RCM decision worksheet* yang merupakan identifikasi kegagalan komponen. Selanjutnya adalah *Fault Tree Analysis* untuk menentukan bagian mana yang mengalami kegagalan terbesar. Sehingga didapatkan *Logic Tree Analysis* yang mengadopsi *RCM Decision Worksheet* untuk mengklasifikasikan *failure mode* dan perancangan pemeliharaan yang sesuai pada masing-masing komponen.

Pada penelitian saya akan ditentukan *maintenance task* pada *Greaser System Hard Capsule Machine* yang tepat berdasarkan metode *Reliability Centered Maintenance (RCM)*. Komponen yang sering terjadi kecenderungan untuk rusak dari subsistem *Greaser. Hard Capsule Machine* akan dianalisis dan dievaluasi untuk menentukan penyebab kerusakannya. Dari penyebab kerusakan tersebut akan didapatkan rekomendasi perancangan kegiatan perawatan (*maintenance task*) yang tepat pada setiap komponen agar maktivitas perawatan dapat berjalan dengan baik serta dapat mengurangi frekuensi *downtime* mesin.

2.2 Dasar Teori

2.2.1 Perawatan

Perawatan merupakan kegiatan yang dilakukan secara rutin untuk menjaga atau memperbaiki kondisi fasilitas produksi agar dapat dipergunakan sesuai dengan fungsi kapasitasnya secara efisien dan dalam keadaan yang dapat diterima menurut standar

yang berlaku. Oleh karena itu, aktivitas perawatan merupakan bagian integral dari suatu industri untuk meningkatkan produktivitas dan efisiensi [13]. Apabila suatu mesin mengalami kerusakan, maka proses produksi akan terganggu dan perusahaan akan mengalami kerugian waktu produksi [14].

Perawatan juga didefinisikan sebagai perpaduan dari setiap tindakan yang dilakukan untuk menjaga atau memperbaiki sampai pada kondisi yang dapat diterima. Perawatan tidak hanya memperbaiki kerusakan secara cepat tanpa aturan, namun perawatan adalah disiplin ilmu yang berkaitan dengan bagaimana memelihara dan merawat suatu peralatan maupun fasilitas yang harus diputuskan secara hati-hati sesuai dengan standar operasi yang berlaku dan jenis peralatannya [15].

2.2.1.1 Tujuan Perawatan

Tujuan dilakukan perawatan adalah sebagai berikut [15] :

1. Memperpanjang umur pakai fasilitas atau peralatan.
2. Menjamin kesiapan operasional seluruh fasilitas yang diperlukan dalam kegiatan darurat. Contoh : unit *backup*, unit pemadam kebakaran dan unit keselamatan dan kesehatan kerja.
3. Menjamin ketersediaan serta keandalan optimum peralatan secara teknis dan ekonomis.
4. Menjamin keselamatan dan keamanan kerja bagi penggunaanya.

2.2.1.2 Jenis Perawatan

Jenis-jenis perawatan diklasifikasikan sebagai berikut [16]

1. *Preventive maintenance*, merupakan kegiatan perawatan terjadwal (*time based / interval-based*) untuk merawat suatu peralatan / komponen sebelum terjadinya kegagalan. Terdapat hubungan *cause-and-effect* antara perawatan terjadwal dengan *operating reliability*. Adanya asumsi pada *preventive*

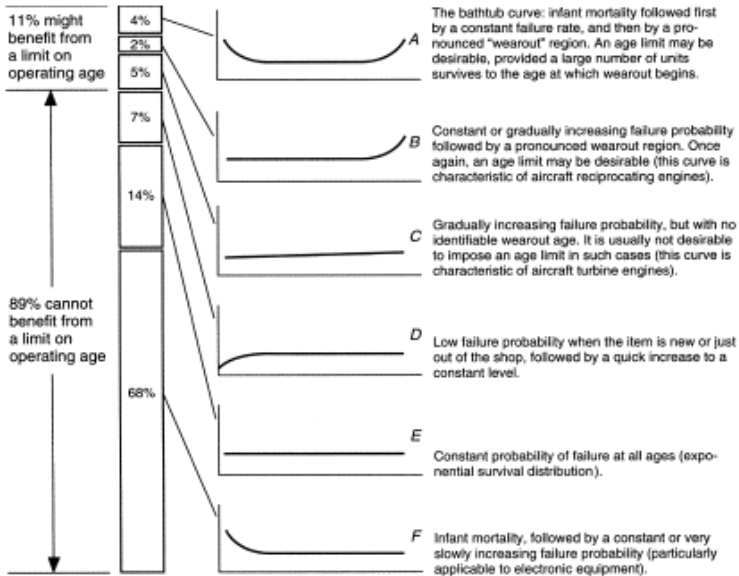
maintenance yakni pada semua peralatan yang digunakan oleh suatu mesin produksi berbanding lurus dengan umur operasinya. Problem utamanya adalah menghitung batasan umur yang tepat agar komponen tersebut tetap handal. Contoh *preventive maintenance* yakni penggantian material yang rawan akan korosi dan erosi.

2. *Condition-based maintenance*, merupakan kegiatan pemeliharaan atau perawatan yang tidak direncanakan dikarenakan terdapat kinerja sistem yang tidak sesuai dengan standar yang ada. *Condition-based maintenance* dilakukan apabila terdapat tanda-tanda suatu peralatan akan gagal atau suatu peralatan mengalami penurunan fungsi. *Condition-based maintenance* bertujuan untuk mengembalikan standar kinerja dan performa dari suatu komponen ke kondisi semula. Contoh *condition-based maintenance* yakni mengganti *V-belt* mesin yang mengeluarkan bunyi yang tidak normal.

2.2.2 Reliability Centered Maintenance (RCM)

Reliability Centered Maintenance (RCM) adalah proses sistematis yang digunakan untuk menjamin setiap aset fisik dapat beroperasi dengan baik sesuai dengan fungsinya. RCM lahir pada era 70an yang dilatarbelakangi oleh keresahan perusahaan penerbangan akan meningkatnya biaya perawatan. Pada kurun waktu tersebut, *Boeing* meluncurkan gebrakan baru dengan meluncurkan *Jumbo Jet Aircraft* mereka yang pertama yakni *Boeing 747 Series* dimana jenis pesawat tersebut memiliki daya angkut 3 kali lebih banyak dari pesawat yang ada (pada saat itu, pesawat terbesar adalah *Boeing 707* dan *McDonnell Douglas DC-8*). Jenis perawatan yang diterapkan untuk perusahaan penerbangan pada saat itu adalah *preventive maintenance*. Dengan besarnya pesawat dan teknologi baru yang diterapkan pada *Boeing 747*, jika semua komponen pesawat dirawat menggunakan

preventive maintenance, perusahaan penerbangan akan rugi besar [17].



Gambar 2.1 *Age reliability patterns* pada komponen nonstruktural [17].

Oleh karena itu, perusahaan penerbangan yang dipimpin *United Airines* mengevaluasi strategi *preventive maintenance* dan menganalisis penuh bagaimana pelaksanaan perawatan selama ini dan cara terbaik yang seharusnya dilakukan dalam melakukan perawatan. Hasil evaluasi menghasilkan enam pola kegagalan *age reliability patterns* pada Gambar 2.1 dimana tidak semua peralatan memiliki pola kegagalan yang sama.

Pola Kegagalan A dikenal sebagai *bathtub curve* memiliki probabilitas kegagalan yang tinggi ketika peralatan masih baru, diikuti oleh tingkat kegagalan acak yang rendah, lalu diikuti oleh peningkatan tajam pada kegagalan pada akhir masa pakainya. Pola ini menyumbang sekitar 4% dari kegagalan. Pola Kegagalan B

dikenal sebagai *wear out curve* memiliki probabilitas kegagalan yang rendah, diikuti oleh peningkatan tajam kegagalan pada akhir masa pakainya. Pola ini menyumbang sekitar 2% dari kegagalan. Pola Kegagalan C dikenal sebagai *fatigue curve* memiliki probabilitas kegagalan bertahap selama masa pakai. Pola ini menyumbang sekitar 5% dari kegagalan. Pola Kegagalan D dikenal sebagai *initial break-in period curve* dan dimulai dengan tingkat kegagalan yang sangat rendah diikuti oleh kenaikan tajam ke tingkat konstan sampai akhir masa pakainya. Pola ini menyumbang sekitar 7% dari kegagalan. Pola Kegagalan E dikenal sebagai *random pattern* merupakan pola dengan tingkat kegagalan acak yang konsisten selama masa pakai peralatan tanpa kenaikan atau penurunan selama masa pakai peralatan. Pola ini menyumbang sekitar 11% dari kegagalan. Pola Kegagalan F dikenal sebagai kurva *infant mortality* dan menunjukkan tingkat kegagalan awal yang tinggi diikuti dengan tingkat kegagalan konstan. Pola ini menyumbang 68% dari kegagalan.

Dari setiap pola kegagalan, didapatkan kesimpulan bahwa kegiatan perawatan yang tepat harus dilaksanakan sesuai dengan kondisi dan jenis dari suatu peralatan [17]. Sebagai contoh ketika terdapat komponen yang didesain untuk bekerja secara terus menerus, lalu peralatan tersebut diganti pada suatu waktu tertentu, tidak akan terjadi peningkatan performa. Penggantian peralatan itu hanyalah menambah pengeluaran perusahaan karena seharusnya tidak perlu.

RCM merupakan suatu proses untuk menentukan perawatan yang efektif dalam suatu aset fisik. RCM mengkombinasikan praktik dan strategi dari *preventive maintenance*, *condition based* dan *corrective maintenance* untuk memaksimalkan umur (*lifetime*) dan fungsi sistem atau aset dengan biaya minimal (*minimum cost*) [7].

Tujuan dari *Reliability Centered Maintenance (RCM)* yakni sebagai berikut (Moubray, 1997):

1. Mengurangi biaya perawatan selama ini hingga ke titik efektif.

2. Meningkatkan keselamatan termasuk keamanan lingkungan.
3. Menambah umur komponen karena pengembangan sistem perawatan yang digunakan sudah sesuai dengan *treatmen* terhadap masing-masing komponen.
4. Memperoleh informasi penting untuk mengembangkan desain awal yang kurang baik.

2.2.2.1 Langkah-langkah penerapan Reliability Centered Maintenance (RCM)

Langkah-langkah yang dilakukan untuk menerapkan metode *Reliability Centered Maintenance (RCM)* adalah sebagai berikut [18] :

1. Pemilihan Sistem dan Pengumpulan Informasi (*System Selection and Information Collection*).

Beberapa kriteria yang harus diperhatikan dalam pemilihan sistem adalah sebagai berikut:

- a. Sistem yang memiliki masalah keselamatan dan lingkungan.
- b. Sistem yang memiliki biaya *preventive maintenance* dan *corrective maintenance* yang tinggi.
- c. Sistem yang memiliki kontribusi yang tinggi terhadap terjadinya *system shutdown (downtime)*.

Dokumen dan informasi yang dibutuhkan dalam analisis *Reliability Centered Maintenance (RCM)* adalah :

- a. *Piping and Instrumentation (P&ID)*. Adalah ilustrasi skematik dari hubungan fungsi komponen peralatan, instrumentasi dan sistem.
- b. *Schematic/Block Diagram*. Adalah sebuah gambaran sistem, rangkaian atau program -yang fungsinya masing-masing diwakili oleh gambar kotak ber label dan hubungan antar kotak digambarkan dengan garis penghubung.
- c. *Manual Book*. Adalah dokumen data dan informasi mengenai desain operasi tiap *equipment* dan komponen.

- d. *Equipment History*. Adalah kumpulan data kegagalan komponen dan peralatan dengan data *corrective maintenance* yang pernah dilakukan.

2. Definisi Batas Sistem (*System Boundary Definition*)

Definisi batas sistem digunakan untuk memberikan batasan terhadap sistem karena sistem yang tersedia sangat banyak di dalam suatu pabrik. Pendefinisian batas sistem ini dilakukan untuk menjelaskan batasan-batasan suatu sistem yang akan di analisis dengan *Reliability Centered Maintenance (RCM)* sehingga semua fungsi dapat diketahui dengan baik dan benar. Jika *System Boundary Definition* sudah dirumuskan dengan tepat, maka akan menjamin keakuratan proses analisis sistem.

3. Deskripsi Sistem dan Diagram Blok Fungsional (*System Description and Functional Block Diagram*).

Deskripsi sistem dan diagram blok fungsional merupakan gambaran yang jelas dari fungsi utama sistem berupa blok yang berisi fungsi-fungsi dari setiap subsistem yang menyusun sistem tersebut sehingga dibuat tahapan identifikasi detail dari sistem yang meliputi :

a. Deskripsi Sistem

Penjelasan dan uraian sistem yang menjelaskan tentang cara kerja sistem serta penggunaan instrumen yang ada dalam sistem.

b. *Functional Block Diagram*

Interaksi antara satu blok diagram fungsi dengan blok diagram fungsi lainnya.

c. *In and Out Interface* (Masukan dan keluaran sistem)

Penetapan batas-batas sistem dan pengembangan fungsi subsistem memungkinkan untuk melengkapi dan mendokumentasikan fakta dari elemen yang melintasi batas sistem. Elemen-elemen melintasi sistem dapat berupa energi, panas, sinyal dan sebagainya. Beberapa elemen berperan sebagai masukan (*input*) dan beberapa

elemen berperan sebagai keluaran (*output*) yang melintasi subsistem.

d. *System Work Breakdown Structure* (SWBS)

Penggambaran kelompok bagian-bagian peralatan yang menggambarkan fungsi tertentu

Setelah tiga tahap tersebut selesai ditentukan, tahap berikutnya adalah menjawab ketujuh pertanyaan utama dalam metode RCM. Ketujuh pertanyaan tersebut adalah sebagai berikut :

1. Apakah fungsi dan performa standar dari suatu asset sesuai dengan konteks operasinya saat ini (*system function*)?
2. Bagaimana aset tersebut gagal untuk memenuhi fungsinya (*functional failure*) ?
3. Apa yang menyebabkan kegagalan fungsi dari suatu aset (*failure modes*) ?
4. Apa yang akan terjadi jika kegagalan tersebut muncul (*failure effect*) ?
5. Bagaimana kegagalan tersebut berpengaruh (*failure consequences*) ?
6. Apa yang dapat dilakukan untuk memprediksi atau mencegeah dari setiap kegagalan (*proactive task*) ?
7. Apa yang harus dilakukan jika tidak ditemukan tindakan proaktif (*default actions*) ?

2.2.2.2 Fungsi dan Standar Kinerja (*System Functions and Performance Standard*)

Fungsi sistem adalah suatu fungsi dari komponen yang diharapkan oleh pengguna (*user*) tetapi masih dalam level performa standar kemampuan dari suatu komponen sejak dari awal dibuat. Fungsi sistem dibagi menjadi dua yakni *primary function* dan *secondary function*. *Primary function* adalah fungsi utama yang menjawab mengapa suatu aset tersebut ada. *Primary function* meliputi kecepatan, hasil produksi (*output*),

kualitas produk dan pelayanan pelanggan. Sedangkan *secondary function* adalah kemampuan suatu aset untuk mengerjakan lebih dari fungsi utamanya. *Secondary function* meliputi *safety*, *appearance*, *control*, *protection*, *economy* dan *environmental regulations*.

2.2.2.3 Kegagalan Fungsi (*Functional Failure*)

Kegagalan fungsi adalah ketidakmampuan suatu aset / peralatan untuk menjalankan fungsi sesuai dengan keinginan pengguna (*user*). Terdapat dua kategori kegagalan *RCM* yaitu kegagalan total dan kegagalan parsial. Kegagalan total adalah suatu kejadian dimana sistem sama sekali tidak mampu memenuhi standar kinerja yang telah ditetapkan sebelumnya dan tidak mampu diterima oleh penggunanya. Sedangkan kegagalan parsial adalah suatu sistem dapat berfungsi namun tidak pada standar kinerja yang dapat diterima oleh pengguna atau keadaan dimana suatu sistem tersebut tidak dapat mempertahankan tingkat kualitas produk.

2.2.2.4 Modus Kegagalan (*Failure Mode*)

Modus kegagalan merupakan kejadian serta peristiwa yang mempunyai kemungkinan besar untuk menyebabkan setiap kegagalan yang terjadi. Kejadian-kejadian yang mempunyai kemungkinan untuk menjadi *failure mode* adalah :

- a. Kejadian atau peristiwa yang pernah terjadi sebelumnya pada peralatan yang sama atau serupa yang mempunyai konteks operasi yang sama.
- b. Kegagalan yang sedang diantisipasi oleh program perawatan yang sedang berjalan.
- c. Kegagalan yang belum pernah terjadi tetapi dapat menjadi kenyataan di dalam konteks operasi.
- d. Kegagalan yang jika terjadi dapat memberikan dampak yang sangat serius.

2.2.2.5 Dampak Kegagalan (*Failure effect*)

Dampak kegagalan merupakan deskripsi dari apa yang akan terjadi jika *failure mode* terjadi. Semua informasi yang dibutuhkan untuk menjelaskan dampak kegagalan harus dimasukkan dalam memberikan konsekuensi kegagalan tersebut, contohnya adalah sebagai berikut :

- a. Apa bukti bahwa kegagalan tersebut pernah terjadi.
- b. Bagaimana cara kegagalan tersebut dapat memberikan ancaman terhadap keselamatan dan lingkungan.
- c. Bagaimana cara kegagalan tersebut dapat berpengaruh terhadap operasi dan proses produksi.
- d. Kerusakan fisik apa yang disebabkan oleh kegagalan tersebut.
- e. Apa yang harus dilakukan untuk memperbaiki kegagalan tersebut.

2.2.2.6 Konsekuensi Kegagalan (*Failure Consequences*)

Konsekuensi kegagalan merupakan hal yang paling penting dalam proses *RCM*. Dalam analisis *RCM*, satu-satunya alasan untuk melakukan *proactive task* adalah untuk mengurangi konsekuensi kegagalan, bukan untuk menghindari kegagalan itu sendiri. Terdapat 4 bagian klasifikasi konsekuensi kegagalan dalam *RCM*, yaitu :

- a. *Hidden Failure Consequences*
Kondisi ini terjadi apabila konsekuensi kegagalan yang terjadi tidak dapat diketahui oleh operator dalam kondisi normal. Sehingga berpotensi untuk menghasilkan *multiple failure*.
- b. *Safety Consequences*
Kondisi ini terjadi apabila mempunyai konsekuensi keamanan apabila kegagalan yang terjadi dapat melukai, membahayakan atau bahkan dapat membunuh seseorang.
- c. *Environmental Consequences*

Kondisi ini terjadi apabila mempunyai konsekuensi lingkungan apabila kegagalan yang terjadi dapat melanggar peraturan atau standar dampak lingkungan perusahaan, wilayah, nasional atau internasional.

d. *Operational Consequences*

Kondisi ini terjadi apabila mempunyai konsekuensi operasional apabila kegagalan yang terjadi dapat mempengaruhi kapabilitas operasional seperti hasil produksi, kualitas produksi, keputusan pelanggan, dan biaya tambahan dalam perbaikan.

Proses RCM menggunakan kategori-kategori diatas sebagai dasar pengambilan aktivitas perawatan atau *maintenance task* yang sesuai. RCM memfokuskan kegiatan pemeliharaan yang paling berpengaruh untuk mengatasi setiap *failure mode* yang terjadi (Moubray, 1997).

2.2.2.7 Teknik Penanganan Kegagalan (*Failure Management Techniques*)

Teknik penanganan kegagalan (*failure management techniques*) dibagi menjadi dua kategori yakni *proactive task* dan *default action* [7].

a. *Proactive Task*

Proactive task merupakan pekerjaan yang dilakukan sebelum terjadinya kegagalan untuk mencegah aset gagal dalam memenuhi fungsinya. Terdapat tiga kategori *proactive task*, yakni :

1. *Schedule restoration task*

Schedule restoration task merupakan kegiatan rekondisi untuk mengembalikan kemampuan atau melakukan proses *overhaul* pada saat atau sebelum batas umur yang telah ditetapkan tanpa memandang kondisi komponen pada saat dilaksanakan proses

perawatan. Aktivitas perawatan ini dapat digunakan jika memenuhi keadaan berikut :

- a. Adanya umur komponen yang dapat diidentifikasi dimana suatu komponen mengalami peningkatan yang cepat pada *probability of failure*.
- b. Dapat dilakukan perbaikan untuk menanggulangi kegagalan yang terjadi.

2. *Schedule discard task*

Schedule discard task merupakan kegiatan untuk mengganti komponen dengan komponen yang baru pada saat atau sebelum batas umur yang telah ditetapkan tanpa memandang kondisi komponen saat penggantian. Aktivitas perawatan ini dapat digunakan jika memenuhi keadaan berikut:

- a. Adanya umur komponen yang dapat diidentifikasi dimana suatu komponen mengalami peningkatan yang cepat pada *probability of failure*.
- b. Perlu dilakukan penggantian komponen dengan komponen baru untuk menanggulangi kegagalan yang terjadi.

3. *Scheduled on condition task*

Schedule on condition task mencakup kegiatan pengecekan sehingga dapat dilakukan ketika kegagalan dapat memberikan beberapa informasi atau peringatan bahwa kegagalan tersebut akan terjadi. Peringatan ini dikenal dengan *potential failure*. Aktivitas perawatan ini dapat digunakan jika memenuhi keadaan berikut:

- a. Adanya informasi atau peringatan bahwa kegagalan tersebut akan terjadi.
- b. Dapat dilakukan monitoring pada komponen aset tersebut.

4. *Default Action*

Default action merupakan aktivitas yang dilakukan pada saat komponen sudah dalam keadaan kondisi gagal. *Default action* dipilih apabila tidak ditemukan *proactive task* yang efektif. Terdapat tiga kategori *default action*, yakni :

- a. *Failure finding*
Failure finding merupakan kegiatan memeriksa fungsi tersembunyi dari suatu komponen secara berkala untuk mengetahui apakah fungsi sudah mengalami kegagalan. Aktivitas ini hampir sama dengan *on condition task*, namun dilakukan padasaat sistem tersebut sudah gagal memenuhi fungsinya. *Failure finding* dapat digunakan jika suatu komponen tersebut terdapat kemungkinan untuk dilakukan perawatan dan aktivitas perawatan yang dilakukan tidak meningkatkan resiko *multiple failure*.
- b. *Redesign*
Redesign adalah suatu perubahan dari suatu sistem dari *design* lama menjadi *design* baru. Salah satunya adalah modifikasi terhadap peralatan atau prosedur kerja. *Redesign* dapat dilakukan dengan cara mengganti spesifikasi komponen, menambahkan komponen baru, atau mengganti mesin.
- c. *No Scheduled Maintenance*
No scheduled maintenance merupakan kategori dimana tidak dilakukan apapun untuk mengantisipasi atau mencegah modus kegagalan yang terjadi. Kegagalan akan dibiarkan terjadi, kemudian diperbaiki. Keadaan ini disebut juga dengan *run to failure*. *No scheduled maintenance*

dapat digunakan jika tidak dapat ditemukan *task* yang sesuai, kegagalan tidak memiliki konsekuensi keamanan maupun lingkungan dan biaya *preventive task* lebih besar daripada biaya jika komponen tersebut mengalami kegagalan.

2.2.3 Analisis Penyebab dan Efek Kegagalan

Penelitian ini menggunakan *RCM Information Worksheet* untuk menganalisis *function*, *functional failure*, *failure mode* dan *failure effect* [8].

1. Fungsi (*function*)
Fungsi (*function*) adalah kemampuan yang dapat dilakukan oleh suatu komponen subsistem sesuai dengan standar operasional dan standar kinerja yang sudah ditetapkan.
2. Kegagalan Fungsi (*functional failure*)
Kegagalan fungsi (*functional failure*) adalah ketidakmampuan suatu komponen subsistem untuk menjalankan fungsi sesuai dengan standar operasional dan standar kinerja yang sudah ditetapkan. Sehingga tidak memenuhi standar kinerja yang diharapkan.
3. Modus Kegagalan (*Failure Mode*)
Modus kegagalan (*failure mode*) adalah penyebab kegagalan fungsi yang memiliki peluang paling besar. Modus kegagalan juga merupakan akar penyebab dari suatu kegagalan fungsi.
4. Efek Kegagalan (*Failure Effect*)
Efek kegagalan (*failure effect*) merupakan akibat dari *failure mode* yang terjadi terhadap suatu komponen subsistem, subsistem, maupun sistem.

Setelah semua analisis terkumpul dan telah mendetail, maka setiap analisis *function*, *functional failure*, *failure mode*

a. *Information Reference*

Information reference ditunjukkan oleh kolom 1 sampai dengan kolom 3. Terdapat tiga analisis yakni *failure* (F), *functional failure* (FF) dan *failure mode* (FM). *Information reference* diisi dengan kode angka maupun huruf yang merujuk kepada *RCM Information Worksheet* yang telah diisi sebelumnya.

b. *Consequence Evaluation*

Consequence evaluation ditunjukkan oleh kolom 4 sampai dengan kolom 7. *Consequence evaluation* digunakan untuk menentukan strategi perawatan yang tepat. Terdapat beberapa dampak (*consequence*) yakni *hidden failure consequence* (H), *safety consequences* (S), *environmental consequences* (E) dan *operational consequences* (O). *Consequence evaluation* diisi dengan Y (Yes) atau N (No). Kolom *consequence evaluation* diisi dengan Y (yes) apabila *failure mode* mempunyai dampak atau konsekuensi pada masing-masing aspek sedangkan jika diisi N (no) apabila *failure mode* tidak terdapat dampak atau konsekuensi pada masing-masing aspek.

c. *Proactive Task*

Proactive task ditunjukkan oleh kolom 8 sampai dengan kolom 10. Terdapat tiga kategori dari *proactive task* yakni *scheduled on condition task*, *scheduled restoration task* dan *scheduled discard task*. *Scheduled on condition task* ditunjukkan oleh kolom 8 (H1/S1/O1/N1). Kolom 8 diisi dengan Y (Yes) apabila kebijakan perawatan yang tepat untuk mencegah kerusakan adalah *scheduled on condition task* dan diisi dengan N (No) jika *scheduled on condition task* bukanlah jenis perawatan yang tepat. *Scheduled restoration task* ditunjukkan oleh kolom 9 (H2/S2/O2/N2). Kolom 9 diisi dengan Y (Yes) apabila kebijakan perawatan yang tepat untuk mencegah kerusakan adalah *scheduled restoration task* dan diisi dengan N (No) jika *scheduled restoration task* bukanlah jenis perawatan yang tepat.

Scheduled discard task ditunjukkan oleh kolom 10 (H3/S3/O3/N3). Kolom 10 diisi dengan Y (Yes) apabila kebijakan perawatan yang tepat untuk mencegah kerusakan adalah *scheduled discard task* dan diisi dengan N (No) jika *scheduled discard task* bukanlah jenis perawatan yang tepat.

d. *Default Action*

Default action ditunjukkan oleh kolom 11 sampai dengan kolom 13. Terdapat tiga kategori dari *default action* yakni *failure finding*, *redesign* dan *no scheduled maintenance*. *Failure finding* ditunjukkan oleh kolom 11 (H4). Kolom 11 diisi dengan Y (Yes) apabila kebijakan perawatan yang tepat untuk setelah terjadi kerusakan (*failure mode*) adalah *failure finding* dan diisi dengan N (No) jika *failure finding* bukanlah jenis penanganan yang tepat. *Redesign* ditunjukkan oleh kolom 12 (H5). Kolom 12 diisi dengan Y (Yes) apabila kebijakan perawatan yang tepat untuk setelah terjadi kerusakan (*failure mode*) adalah *redesign* dan diisi dengan N (No) jika *redesign* bukanlah jenis penanganan yang tepat. *No scheduled maintenance* ditunjukkan oleh kolom 13 (S4). Kolom 13 diisi dengan Y (Yes) apabila kebijakan perawatan yang tepat untuk setelah terjadi kerusakan (*failure mode*) adalah *no scheduled maintenance* dan diisi dengan N (No) jika *no scheduled maintenance* bukanlah jenis penanganan yang tepat.

e. *Proposed Task*

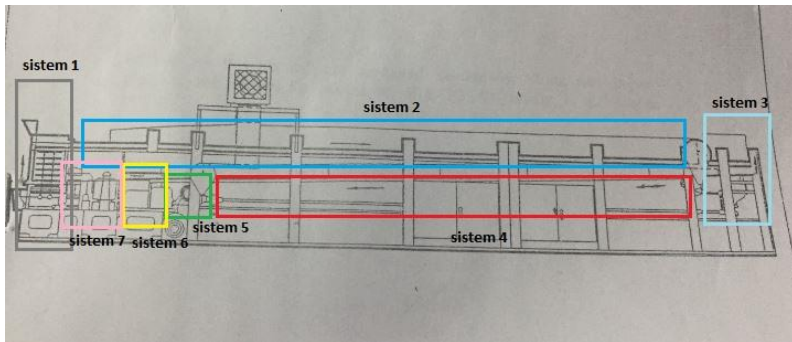
Proposed task ditunjukkan oleh kolom 14. *Proposed task* adalah penentuan dari *maintenance task* yang paling tepat dari masing-masing analisis *RCM decision worksheet*. *Proposed task* berisi penjelasan tentang penanganan dari masing-masing *failure mode* yang ada.

2.2.5 *Hard Capsule Machine*

2.2.5.1 *Pengertian Hard Capsule Machine*

Hard Capsule Machine adalah mesin pembuat kapsul yang berbahan dasar *gelatin*. *Hard Capsule Machine* ini mengolah

gelatin sampai menjadi kapsul utuh yang terdiri dari *cap* dan *body*. Sesuai dengan gambar 2.2, pada *Hard Capsule Machine*, terdapat 7 sistem yang berurutan dari 1 sampai 7 yakni *dipping*, *upper deck*, *rear elevator*, *lower deck*, *table*, *block automatic*, dan *greaser system*. Sistem pertama yakni subsistem *dipping* berfungsi sebagai proses awal dimana bahan baku berupa *gelatin* dicelupkan ke cetakan kapsul yang bernama *pin bar*. Subsistem kedua yakni subsistem *upper deck* berfungsi sebagai proses pengeringan kapsul tahap pertama. *Pin bar* akan dikumpulkan sampai berjumlah 24 sebelum masuk ke dalam kiln. Sistem ketiga yakni subsistem *Rear elevator* berfungsi sebagai proses pemindahan *pin bar* dari *upper deck* ke *lower deck*. Sistem keempat yakni subsistem *lower deck elevator* berfungsi sebagai pengeringan kapsul tahap kedua. Subsistem kelima yakni subsistem *table* berfungsi sebagai penerima 24 buah *pin bar*. *Pin bar* akan didorong satu persatu menuju *block automatic*. Sistem keenam yakni subsistem *block automatic* berfungsi sebagai *stripping* (pengeluaran kapsul dari cetakan), *cutting* (pemotongan kapsul sesuai panjang yang telah ditentukan) dan *joining* (penyatuan *body* dan *cap* kapsul). Sistem ketujuh yakni subsistem *greaser* berfungsi sebagai pembersih *pin bar* sekaligus melumasinya dengan parafin dan lesitin.



Gambar 2.2 Sistem Hard Capsule Machine

. Tahap produksi kapsul secara garis besar dibagi menjadi 5 tahapan yaitu; *dipping process* merupakan proses pencelupan *pin bar* kedalam larutan gelatin, *drying process* merupakan proses pengeringan kapsul, *stripping process* merupakan proses pencabutan kapsul dari *pin bar*, *cutting process* merupakan proses pemotongan kapsul, *joining process* merupakan proses penggabungan antara *cap* dan *body* kapsul.

2.2.5.2 Proses Produksi Kapsul

Proses produksi kapsul di PT. Kapsulindo Nusantara adalah sebagai berikut

1. Tahap Persiapan Bahan Baku

Unit ini melakukan serangkaian uji pada gelatin mentah yaitu uji sifat fisik, uji kimia, dan uji mikrobiologi. Setelah lolos uji kemudian bahan baku gelatin di campur dengan air, surfactant, dan bahan pengawet yaitu MP (*metil paraben*) dan PP (*propil paraben*). Setelah bahan-bahan diatas tercampur, kemudian larutan gelatin didiamkan selama kurang lebih 4 jam untuk menghilangkan gelembung udara yang ada pada larutan gelatin tersebut. Setelah didiamkan beberapa saat larutan gelatin ditambahkan TiO_2 (titanium dioksida) dan pewarna sesuai dengan warna yang di inginkan.

2. Tahap *Dipping*

Tahap *dipping* merupakan tahap pencelupan *pin bar* kedalam larutan gelatin. Dalam satu kali proses pencelupan terdapat 6 buah *pin bar* dan dalam 1 *pin bar* terdapat 30 pin cetakan body atau cap kapsul. Ketika pin dicelupkan kedalam larutan, gelatin akan menempel pada pin yang telah terlapisi dengan letisin.

3. Tahap *Drying*

Tahap *drying* merupakan tahap pengeringan kapsul. Ada 2 tahap pengeringan kapsul yang terjadi di *upper*

deck system dan *lower deck system*. Pada *upper deck system*, *pin bar* masuk sebanyak 6 buah dalam satu kali penerimaan. Lalu *pin bar* akan dikumpulkan sampai berjumlah 24 sebelum masuk ke dalam *kiln*. Terdapat 2 kiln pada *upper deck system* yang memiliki temperatur masing-masing 28°C dan 29°C. Pada *lower deck system*, kapsul akan dikeringkan tahap kedua. Terdapat 2 kiln pada *lower deck system* yang memiliki temperatur masing-masing 27°C dan 24°C.

4. Tahap *Stripping*

Tahap *stripping* merupakan tahap pencabutan kapsul yang telah kering dari cetakan *pin bar* oleh *stripper*. *Stripper* berfungsi untuk menjepit kapsul dan melepaskannya dari *pin bar*.

5. Tahap *Cutting*

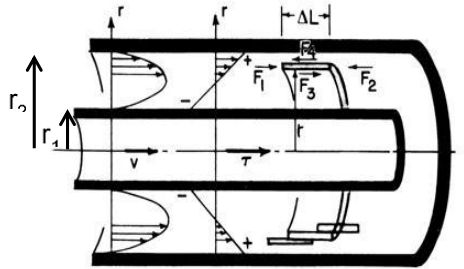
Tahap *cutting* merupakan tahap pemotongan kapsul. Setelah dicabut dari *pin bar*, kapsul masuk kedalam *collet* dimana *collet* merupakan alat penahan kapsul yang akan dipotong dengan ukuran panjang cap 11,50 mm – 12,50 mm dan untuk body 19,50 mm – 20,50 mm.

6. Tahap *Joining*

Tahap *Joining* merupakan tahap penggabungan kapsul. Setelah kapsul dipotong, *collet* akan mendorong kapsul untuk menggabungkan antara bagian *cap* dan *body* kapsul. Setelah itu, kapsul akan menjadi satu kesatuan utuh.

2.2.6 *Laminar flow* pada Pipa *Annulus*

Pipa *annulus* adalah jenis pipa yang silinder tengahnya berbentuk pejal ataupun berongga dimana fluida mengalir diantara pipa pejal tengah dan kulit silinder pipa terluar.



Gambar 2.3 Skema pipa annulus

Perumusan utama dari *fluid flow* adalah sebagai berikut

$$\tau = \frac{r}{2} \frac{dp}{dL} + \frac{C_1}{r} \quad (2.1)$$

Dimana untuk *newtonian fluids*

$$\tau = \mu \gamma = -\mu \frac{dv}{dr} = \frac{r}{2} \frac{dp}{dL} + \frac{C_1}{r}$$

$$-\mu \frac{dv}{dr} = \frac{r}{2} \frac{dp}{dL} + \frac{C_1}{r}$$

$$-dv = \left(\frac{r}{2\mu} \frac{dp}{dL} + \frac{C_1}{\mu r} \right) dr$$

$$\int -dv = \int \left(\frac{r}{2\mu} \frac{dp}{dL} + \frac{C_1}{\mu r} \right) dr$$

$$v = -\frac{r^2}{4\mu} \frac{dp_f}{dL} - \frac{C_1}{\mu} \ln r + C_2 \quad (2.2)$$

Persamaan 2.2 harus ditambahkan *boundary conditions* atau batasan supaya didapat C_1 dan C_2 .

Boundary Conditions 1: $r = r_1 \rightarrow u = 0$

Boundary Conditions 2: $r = r_2 \rightarrow u = 0$

Maka didapatkan persamaan kecepatan aliran sebagai berikut :

$$u = \frac{1}{4\mu} \frac{dp_f}{dL} \left[(r_2^2 - r^2) - (r_2^2 - r_1^2) \frac{\ln \frac{r_2}{r}}{\ln \frac{r_2}{r_1}} \right] \quad (2.3)$$

Flow rate pada pipa maupun pipa *annulus* dirumuskan sebagai berikut :

$$Q = \int v(2\pi r) dr \quad (2.4)$$

$$Q = \int v(2\pi r) dr = \int \frac{1}{4\mu} \frac{dp_f}{dL} \left[(r_2^2 - r^2) - (r_2^2 - r_1^2) \frac{\ln \frac{r_2}{r}}{\ln \frac{r_2}{r_1}} \right] 2\pi r dr$$

$$Q = \frac{\pi}{8\mu} \frac{dp_f}{dL} \left[r_2^4 - r_1^4 - \frac{(r_2^2 - r_1^2)^2}{\ln \frac{r_2}{r_1}} \right]$$

Maka kecepatan aliran rata-rata pada pipa *annulus* dapat dirumuskan sebagai berikut :

$$Q = \frac{\pi}{8\mu} \frac{dp_f}{dL} \left[r_2^4 - r_1^4 - \frac{(r_2^2 - r_1^2)^2}{\ln r_2 / r_1} \right]$$

$$v = \frac{Q}{\pi(r_2^2 - r_1^2)} \quad (2.5)$$

Dengan

- v = Kecepatan aliran (m/s)
- Q = Debit aliran (m³/s)
- r_2 = Jari-jari anulus luar (pipa) (m)
- r_1 = Jari-jari anulus dalam (poros) (m)

Untuk menghitung *pressure drop* pada pipa annulus, perhitungan diawali dengan persamaan 2.5

$$v = \frac{Q}{\pi(r_2^2 - r_1^2)}$$

$$\bar{v} = \frac{q}{A} = \frac{q}{\pi(r_2^2 - r_1^2)} = \frac{-\frac{\pi}{12\mu} \frac{dp_f}{dL} (r_2^2 - r_1^2)(r_2 - r_1)^2}{\pi(r_2^2 - r_1^2)} = -\frac{(r_2 - r_1)^2}{12\mu} \frac{dp_f}{dL}$$

$$\frac{dP}{dL} = \frac{12 \mu v}{(r_2 - r_1)^2} \quad (2.6)$$

Dengan

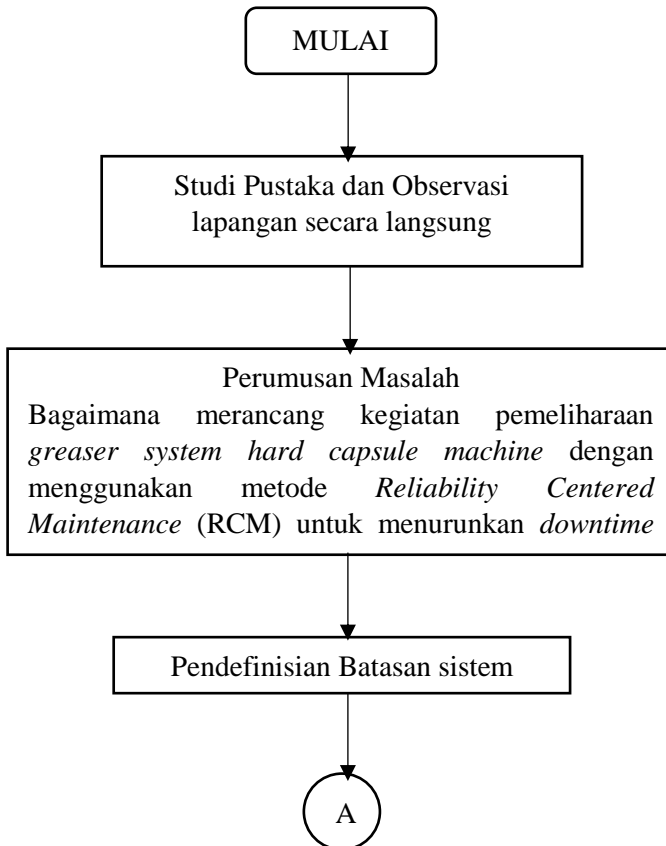
- v = Kecepatan aliran (m/s)
- μ = *Dynamic Viscosity* (Pa.s)
- r_2 = Jari-jari anulus luar (m)
- r_1 = Jari-jari anulus dalam (m)

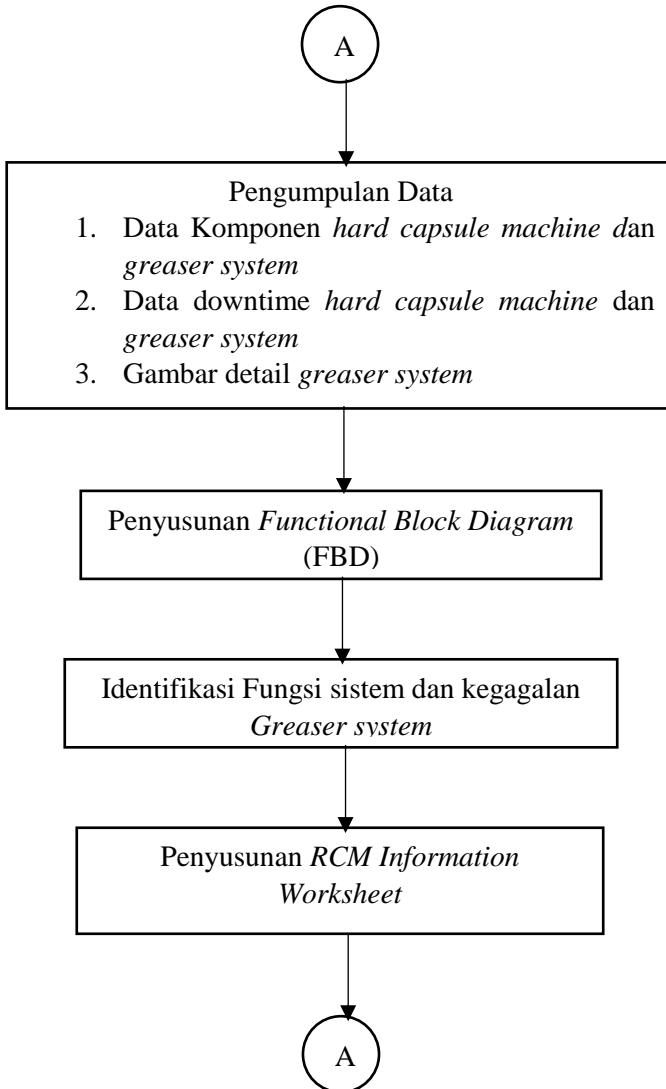
(Halaman ini sengaja dikosongkan)

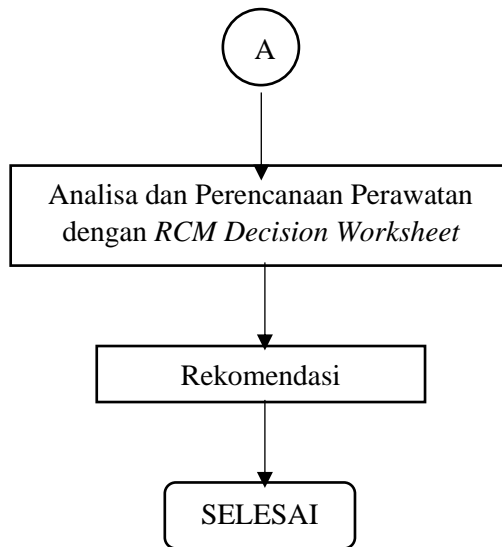
BAB III METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Diagram Alir Penelitian

Penelitian Tugas Akhir ini dilaksanakan dengan mengikuti diagram alir penelitian sebagai berikut :







Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian

3.2 Metodologi Penelitian

Diagram alir penelitian pada Gambar 3.1 dijelaskan sebagai berikut

3.2.1 Studi Pustaka, Observasi Lapangan dan Identifikasi Permasalahan

Langkah awal dalam tugas akhir ini adalah studi lapangan ke PT. Kapsulindo Nusantara. Studi lapangan dilakukan untuk mengetahui kondisi dan informasi perusahaan sehingga permasalahan yang diangkat dalam tugas akhir ini dapat diidentifikasi. Studi lapangan mencakup area spesifik dalam pengumpulan data-data pendukung yakni Departemen Pemeliharaan Mesin dan area produksi.

Pada Observasi lapangan awal, terdapat potensi penyebab *downtime* yang cukup besar di area *greaser system*. Setelah berdiskusi dengan operator dan karyawan PT. Kapsulindo Nusantara, sistem *greaser* merupakan sistem yang krusial, dimana sebagai pembersih dan pelumas *pin bar*. Apabila proses pelumasan dan pembersihan tidak berjalan dengan baik, kapsul yang dihasilkan akan mengalami penurunan kualitas. Selain itu, *greaser system* mengalami frekuensi *downtime* salah satu yang paling banyak.

Studi literatur dilakukan untuk mendapatkan informasi pendukung penelitian baik dari jurnal, buku, maupun penelitian-penelitian terdahulu. Studi literatur yang dilakukan adalah mengenai sistem *Hard Capsule Machine* dan *greaser system* yakni gambar serta fungsi subsistem dan komponen. Selanjutnya pengolahan data digunakan metode *Reliability Centered Maintenance* (RCM).

3.2.2 Rumusan Masalah

Tahap berikutnya adalah merumuskan masalah yang dijadikan objek dalam penelitian ini. Objek yang diteliti adalah *greaser system* pada sistem *Hard Capsule Machine D*. Alasan pemilihan sistem tersebut adalah karena mesin tersebut memiliki frekuensi *unscheduled maintenance* terbesar diantara mesin lainnya dan *greaser system* merupakan salah satu subsistem yang memiliki frekuensi *downtime* terbanyak. Perlu dilakukan penentuan kegiatan perawatan agar waktu *downtime* mesin D dapat berkurang dan proses produksi berjalan optimal.

3.2.3 Pendefinisian Batasan sistem

Tahap ini berisi penentuan batasan-batasan sistem dari diagram sistem yang tersedia. Penelitian dibatasi pada *Hard Capsule Machine* dan juga *greaser system*. Batasan

diperlukan untuk mengidentifikasi faktor mana saja yang termasuk dalam ruang lingkup masalah penelitian dan faktor mana saja yang tidak termasuk dalam ruang lingkup masalah penelitian. Penentuan batasan juga karena masalah yang diteliti telah tersedia data-datanya dan dapat dianalisis.

3.2.4 Pengumpulan Data

Pada tahap ini data yang dikumpulkan adalah data *downtime* di PT Kapsulindo Nusantara. Data-data yang digunakan adalah sebagai berikut :

1. Data komponen *hard capsule machine* dan *greaser system*
2. Data *downtime hard capsule machine* dan *greaser system*
3. Gambar detail *greaser system*

Data komponen beserta gambar detail *hard capsule machine* dan *greaser system* didapatkan untuk menganalisis lebih dalam apa saja komponen yang terdapat pada *greaser system*. Selain itu, untuk mengetahui apakah terdapat kesalahan perancangan pada komponen. Data *downtime hard capsule machine* dan *greaser system* didapatkan untuk kemudian dipelajari lebih lanjut.

3.2.5 Penyusunan Functional Block Diagram (FBD)

Functional Block Diagram (FBD) adalah *step-by-step flow diagram* yang menyatakan *flow* atau tahapan proses gerak dalam *greaser system*. Dengan *Functional Block Diagram* (FBD), kita dapat mengetahui *input* ataupun *output* dari setiap *block Functional Block Diagram* (FBD). FBD juga disusun untuk mengetahui hubungan antar subsistem yang terkait pada suatu sistem.

3.2.6 Identifikasi Fungsi sistem dan Kegagalan *Greaser system*

Tahap ini berisi tentang identifikasi fungsi sistem yang akan dianalisis, sistem operasi *Hard Capsule Machine* beserta penggunaan instrumen. Tahap ini juga akan dijelaskan fungsi, *input* dan *output* setiap subsistem. Fungsi masing-masing sistem diidentifikasi dan dipelajari hingga dengan *pareto diagram*.

3.2.7 RCM Information Worksheet

Tahap *RCM Information Worksheet* ini berisi tabel *function*, *functional failure*, *failure mode*, dan *failure effect* untuk mengidentifikasi penyebab dan kegagalan yang terjadi pada subsistem yang ada pada *greaser system Hard Capsule Machine*. Setiap identifikasi masalah ditulis dan juga dianalisis kegagalan dan apa efek yang akan timbul jika suatu kerusakan itu terjadi. Termasuk komponen apa saja yang akan terlibat bila terdapat suatu kegagalan.

3.2.8 Analisis dan Perencanaan Perawatan dengan RCM Decision Worksheet

Pada tahap ini *failure mode* akan digolongkan sesuai dengan ketentuan pada *RCM Decision Worksheet*. *RCM Decision Worksheet* ini berisi *Information Reference*, *Consequence Evaluation*, *Proactive Task* dan *Default Action* yang ditulis berdasarkan analisis *RCM Information Worksheet* sebelumnya. Setelah analisis dilakukan pada masing-masing *failure mode*, dilanjutkan dengan menentukan metode pemeliharaan yang tepat pada setiap komponen yang berpengaruh terhadap proses produksi. Metode pemeliharaan yang tepat kemudian ditulis pada *proposed task*.

3.2.9 Rekomendasi

Tahap ini merupakan tahap akhir penelitian berupa rekomendasi daftar perbaikan yang harus dilakukan pada setiap komponen *greaser system Hard Capsule Machine*. Rekomendasi dapat berupa *predictive maintenance*, *preventive maintenance*, *on-condition maintenance*, *redesign* ataupun *no-scheduled maintenance*. Rekomendasi ini akan diberikan ke perusahaan sebagai agar proses produksi berjalan lebih lancar dikarenakan analisis RCM ini akan membuat downtime mesin berkurang.

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Sistem Pemeliharaan PT. Kapsulindo Nusantara

PT. Kapsulindo Nusantara menerapkan 2 jenis perawatan untuk *Hard Capsule Machine*, yakni *Preventive Maintenance* dan *Corrective Maintenance*.

1. Preventive Maintenance

Preventive maintenance, merupakan kegiatan perawatan terjadwal (*time based / interval-based*) untuk merawat suatu peralatan / komponen sebelum terjadinya kegagalan. Terdapat hubungan *cause-and-effect* antara perawatan terjadwal dengan *operating reliability*. Adanya asumsi pada *preventive maintenance* yakni pada semua peralatan yang digunakan oleh suatu mesin produksi berbanding lurus dengan umur operasinya. PT Kapsulindo Nusantara menerapkan jadwal *preventive maintenance* secara berkala yakni harian, bulanan, dan tahunan. Namun, pada PT.Kapsulindo Nusantara ini tidak terdapat program *maintenance per part* pada masing-masing *system Hard Capsule Machine* melainkan hanya list-list dari satu kumpulan part. Contoh pada uraian *preventive harian* pada *greaser* yakni poin langkah *greaser*, hanya dicek berdasarkan kesesuaian kerjanya saja. Tidak ada penjelasan merinci mengenai *maintenance per part*.

Mula Berkuat: 01 Jul 2012

CHECKLIST PREVENTIVE MAINTENANCE HARIAN

Jalan : Desember 2017
Mesin : D

NO	URAIAN	STANDART	TANGGAL																																
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31		
A. Automatic Block																																			
1	Safety	Punggi																																	
2	Timing	Pas																																	
3	Bukaan Stripping	Rata dan full																																	
4	Pesso Stripping terhadap Pin	Center																																	
5	Langkah Stripping	2. Dikenal di dalam Strip Edge																																	
6	Flat Hood Bawah	Agapok																																	
7	Putarin Conveyor	Lancar																																	
B. Greaser																																			
1	Safety Greaser	Punggi																																	
2	Langkah Greaser	Full																																	
3	Timing Greaser	Pas																																	
4	Pesso Shell terhadap pin	Center																																	
M. Dipper																																			
1	Reming Sector Gear	Pas																																	
2	Reming Rack Dipper	Pas																																	
3	Langkah Rack Dipper	Full																																	
4	Dipr Elevator Atas	Setuju Check																																	
5	Dipr Elevator Bawah	Setuju Flat Dipping																																	
6	Langkah Spinner	Full																																	
7	Safety Overload	Punggi																																	
N. Bar Pusher Atas																																			
1	Timing Bar Pusher	Pas																																	
2	Langkah Bar Pusher	Full																																	

Gambar 4.1 Preventive maintenance harian PT. Kapsulindo Nusantara

PT. KAPSLINDO NUSANTARA
MANUFACTURER OF HARD CAPSULE CAPSULES

SCHEDULE PREVENTIVE MAINTENANCE-BREAKDOWN

TAHUN : 2016

NO	NO-MC	NAMA MESIN	TANGGAL PREVENTIVE MAINTENANCE											
			JAN	FEB	MAR	APR	MEI	JUN	JUL	AGS	SEP	OKT	NOV	DES
1	A	Hard Capsule Machine	B2	-	B4	-	B1	-	T1	-	B1	-	B2	-
2	B	Hard Capsule Machine	-	T1	-	B4	-	B4	-	B4	-	B4	-	B1
3	C	Hard Capsule Machine	B1	-	B3	-	B2	-	B2	-	B2	-	T3	-
4	D	Hard Capsule Machine	-	B2	-	B3	-	B3	-	B3	-	B3	-	B2
5	E	Hard Capsule Machine	B3	-	B2	-	B3	-	B3	-	B3	-	B4	-
6	F	Hard Capsule Machine	-	B3	-	T2	-	B2	-	B2	-	B2	-	B3
7	G	Hard Capsule Machine	B4	-	B1	-	B4	-	B4	-	T4	-	B1	-
8	H	Hard Capsule Machine	-	T4	-	B1	-	B1	-	B1	-	B1	-	B4

KETERANGAN : B : Bulanan - 8 jam
T : Tahunan - 16 jam
Angka menunjukan minggu ke

Cicadas, 13 Januari 2016

Dibuat oleh,
[Signature]
Preventive Maint

Mengetahui,
[Signature]
Kadiv SUPV.

Ditandatangani,
[Signature]
Maintenance Manager

Gambar 4.2 Preventive maintenance harian PT. Kapsulindo Nusantara

2. *Corrective Maintenance*

Corrective maintenance merupakan kegiatan perawatan atau pemeliharaan yang dilakukan setelah terjadi kerusakan. Perawatan ini dilakukan ketika terdapat kinerja sistem yang tidak sesuai dengan standar yang ada atau menimbulkan mesin berhenti berproduksi. Proses perawatan *corrective maintenance* ini membutuhkan waktu yang lama karena peralatan yang letaknya susah dijangkau. Hal ini menjadi tidak efisien karena semakin lama waktu perbaikan, otomatis akan meningkatkan waktu *downtime* yang menambah kerugian operasional PT. Kapsulindo Nusantara.



Gambar 4.3 Penggantian *Bevel Gear* yang aus bukan pada saat *scheduled overhaul*



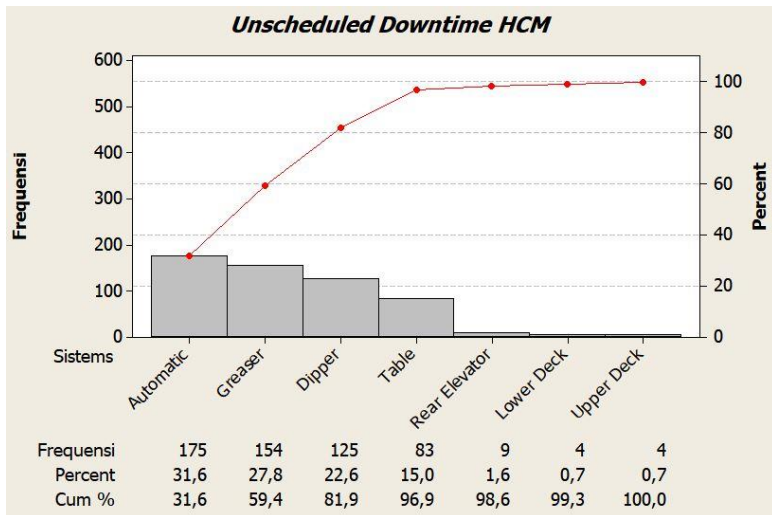
Gambar 4.4 *Pinion gear* aus



Gambar 4.5 *Idler gear* aus

Downtime merupakan jumlah waktu dimana suatu peralatan tidak dapat beroperasi disebabkan oleh kerusakan

maupun kegiatan perawatan. *Downtime* dibagi menjadi dua jenis yakni *scheduled downtime* dan *unscheduled downtime*. *Scheduled downtime* adalah *downtime* yang diakibatkan oleh kegiatan perawatan seperti *overhaul* bulanan atau tahunan. Sedangkan *unscheduled downtime* terjadi karena kerusakan atau mesin berhenti beroperasi karena terdapat gangguan yang tidak terduga. *Unscheduled downtime* merupakan sumber utama yang menyebabkan hilangnya produktivitas pada perusahaan. Frekuensi *downtime* *Hard Capsule Machine D* ditampilkan pada Gambar 4.6.



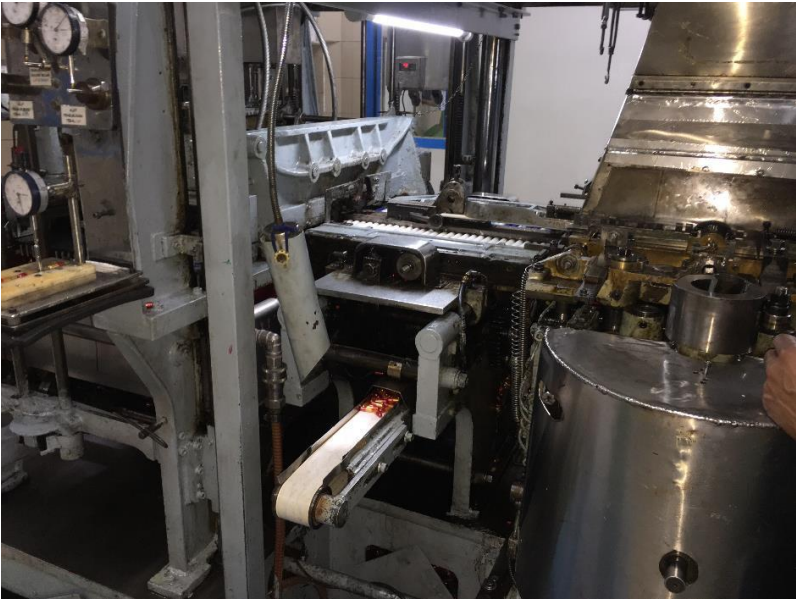
Gambar 4.6 Diagram pareto *Unscheduled Downtime HCM* mesin

Greaser system bukanlah sistem yang mengalami frekuensi *downtime* yang paling banyak. Namun, *greaser system* merupakan salah satu dari sistem yang krusial, yakni sebagai pembersih dan pelumas *pin bar*. Apabila proses pelumasan dan pembersihan tidak berjalan dengan baik, kapsul yang dihasilkan akan mengalami penurunan kualitas. Pada *greaser system*, belum

banyak perubahan yang dilakukan oleh perusahaan jika dibandingkan dengan *automatic block system*. Selain itu *greaser system* dianalisis karena belum ada penelitian terdahulu yang mengangkat tentang *greaser system* secara mendalam pada PT. Kapsulindo Nusantara.

4.2 Analisis Greaser System

Pada tahap ini dilakukan analisis sistem dengan menggunakan metode *Realibility Centered Management (RCM)* yang akan dilakukan dari level sistem dan level komponen. Hal ini dikarenakan kegagalan fungsi suatu sistem dapat dilihat pada level sistem terlebih dahulu kemudian setelah itu ditentukan pendukung fungsi sistem tersebut pada level komponen. Berdasarkan proses produksi kapsul di PT Kapsulindo Nusantara maka *greaser system* pada *Hard Capsule Machine* dipilih sebagai objek penelitian pada tugas akhir ini. Gambar 4.7 merupakan gambar *greaser system* pada *Hard Capsule Machine* yang disertai dengan spesifikasinya.



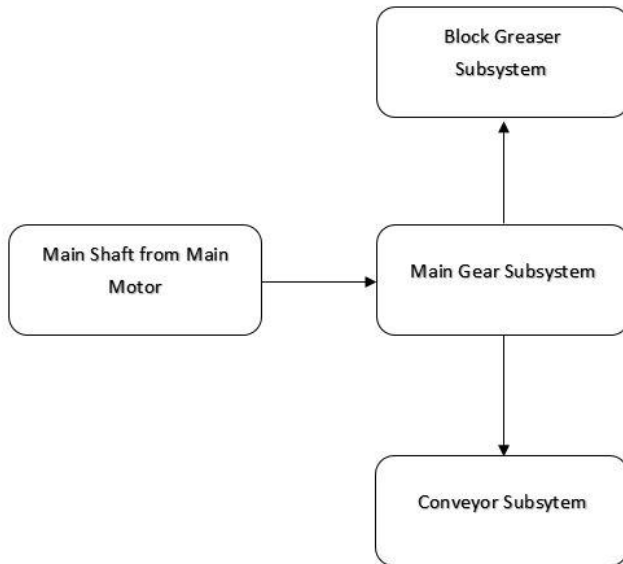
Gambar 4.7 Greaser System pada Hard Capsule Machine

Tabel 4.1 Data Sheet Greaser System - Hard Capsule Machine

Greaser System	
Manufaktur	: R&J
Negara Asal	: Kanada
Jenis	: <i>Greasing Machine</i>
Kapasitas	: 45.000 pin/jam
Main Drive	: <i>Spiral Bevel Pinion T933</i>
Power	: 3.728 kW
Motor Speed	: 995 rpm

Deskripsi Sistem	
Batasan Sistem	
Pabrik	: Pabrik utama Gunung Putri, Bogor

Unit	: Produksi
System	: <i>Hard Capsule Machine</i>
Subsystem	: <i>Greaser</i>
<i>Subsystem dalam Greaser System</i>	
<i>Main Gear Subsystem, Block Greaser Subsystem, Conveyor Subsystem</i>	
Konteks Operasi	
<p>Pembersih sekaligus Melapisi pin bar dengan parafin dan lestisin. <i>Greaser body</i> akan bergerak maju menuju pin bar sedangkan <i>greaser shell</i> akan terus berputar selama proses pelumasan. Putaran <i>greaser shell</i> bertujuan agar pin bar dapat terolesi parafin dan lestisin secara merata. Setelah proses pelumasan, pin bar dicelupkan kembali ke bahan baku gelatin yang ada pada proses selanjutnya yakni proses <i>dipping</i>.</p>	



Gambar 4.8 *Free Body Diagram* penggerak Greaser System pada Hard Capsule Machine

Berdasarkan *Free Body Diagram* (FBD) penggerak Greaser System pada Gambar 4.8, diketahui bahwa penggerak utama berasal dari *Main Shaft* yang berasal dari motor utama. Motor utama terletak di *Automatic block system*. Motor utama menggerakkan *shaft* utama yang kemudian menggerakkan *main gear subsystem*. *Main gear subsystem* merupakan subsistem yang berisi kumpulan *gear-gear* yang menggerakkan *block greaser subsystem* dan *conveyor subsystem*.

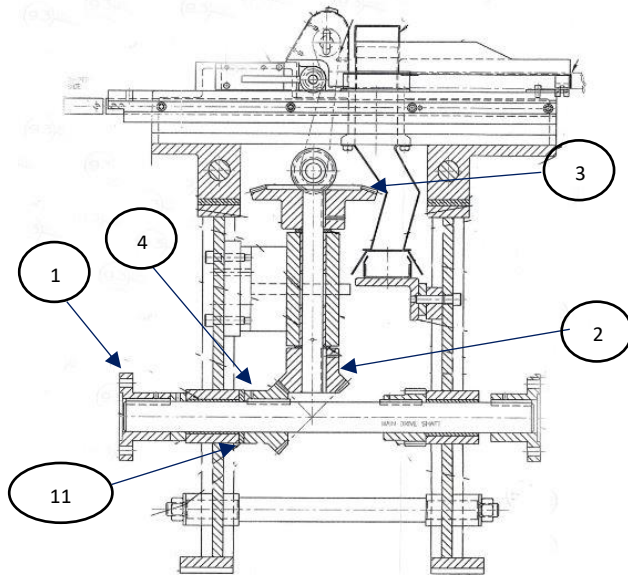
1. *Main Gear Subsystem*

Main gear Subsystem pada greaser system ini merupakan penggerak utama dari greaser subsystem yang diperoleh dari *shaft* utama (*main drive shaft*). Daya diperoleh dari motor utama akan

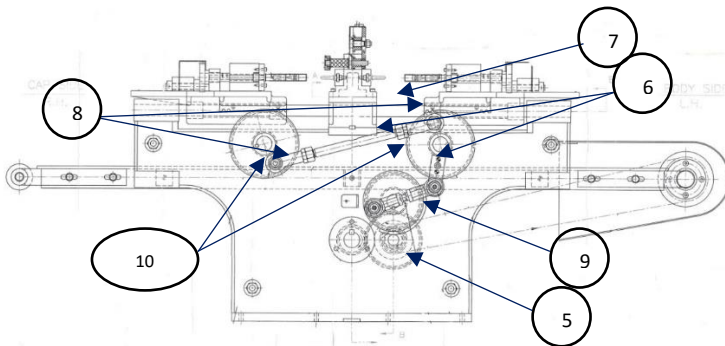
ditransmisikan melalui shaft utama untuk kemudian diteruskan kembali menuju *pinion* bawah dan *bevel gear* bawah. *Pinion* bawah dan juga *bevel gear* bawah merupakan *gear* utama yang menggerakkan subsistem lainnya pada *greaser system* yakni *block greaser* dan *conveyor*. Gambar 4.10 dan 4.11 menunjukkan *driving system* pada *main gear subsystem*.



Gambar 4.9 Foto komponen *main gear subsystem*



Gambar 4.10 Tampak samping *main gear subsystem*



Gambar 4.11 Tampak depan *main gear subsystem*

Keterangan pada gambar 4.10 dan 4.11 (1)Greaser clutch, (2)Bevel gear bawah ,(3)Bevel gear atas, (4)Pinion gear,

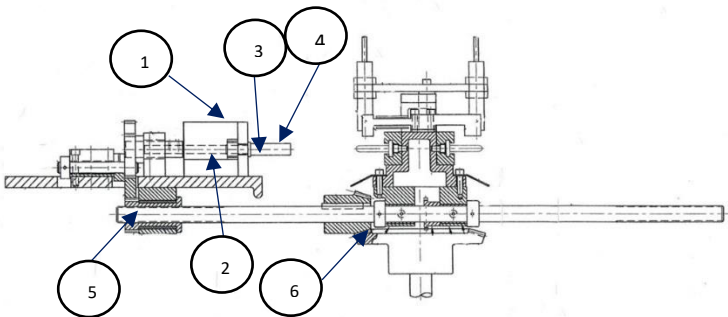
(5)*Pinion main shaft* , (6)*Link arm*, (7)*Splained gear*, (8)*Stood rod end*, (9)*Cam greaser*, (10)*Carriage gear* dan (11)*Spacer bearing*.

2. *Block Greaser Subsystem*

Block greaser subsystem pada *greaser system* ini merupakan *subsystem* yang membawahi dari komponen komponen inti dari pelumasan pada *pin bar*. *Greaser block* akan bergerak maju mundur sesuai dengan *timing* pada *cam greaser*. Gerakan maju mundur ini untuk membuat *greaser shell* masuk kedalam pinbar yang lewat pada proses akhir di *greaser system* ini yang seirama dengan gerakan maju mundurnya *greaser block*. Gerakan maju mundurnya *block greaser* ini sejalan dengan gerakan berputarnya *greaser shell*. *Greaser shell* berputar agar seluruh area *pin* dalam *pin bar* terlumasi dengan sempurna, tidak hanya salah satu sisi saja. Di dalam *greaser shell* ini terdapat *felt* basah yang dimana *felt* ini merupakan busa yang telah diberikan pelumas berupa lestisin. Setiap 8 jam sekali, *greaser shell* akan diganti dikarenakan kandungan lestisin pada *felt* akan habis dan *felt* akan kering. Gambar 4.12 dan Gambar 4.13 menunjukkan *block greaser subsystem*.



Gambar 4.12 *Block greaser subsystem yang tertutup*



Gambar 4.13 *Tampak samping block greaser subsystem*

Keterangan pada gambar 4.13 (1)*Block greaser*, (2)*Spindle gear*, (3)*Felt*, (4)*Shell greaser*, (5)*Idler gear*, (6)*Bushing housing*.

Analisis awal pada *greaser system* terdapat komponen yang mengalami *downtime* dengan frekuensi paling banyak. Komponen ini adalah *greaser shell*. Waktu penggantian *greaser*

shell memakan waktu 15 menit dengan frekuensi waktu 8 jam sekali. *Greaser shell* diganti karena didalam *greaser shell* terdapat *felt* (busa) yang menampung pelumas berupa lestisin. Lestisin pada *felt* dilapisi secara manual oleh operator. *Felt* kemudian dimasukkan kembali didalam *greaser shell* yang kemudian dipasang didalam poros *spindle*.



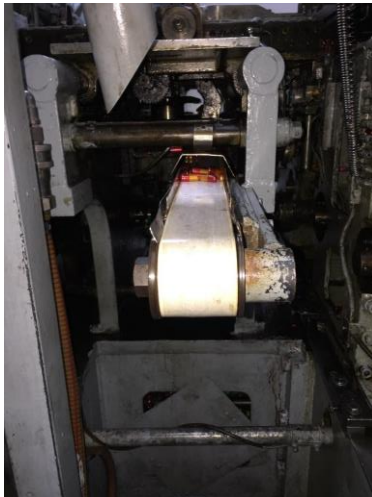
Gambar 4.14 Pengolesan *felt* dengan lestisin secara manual

3. *Conveyor Subsystem*

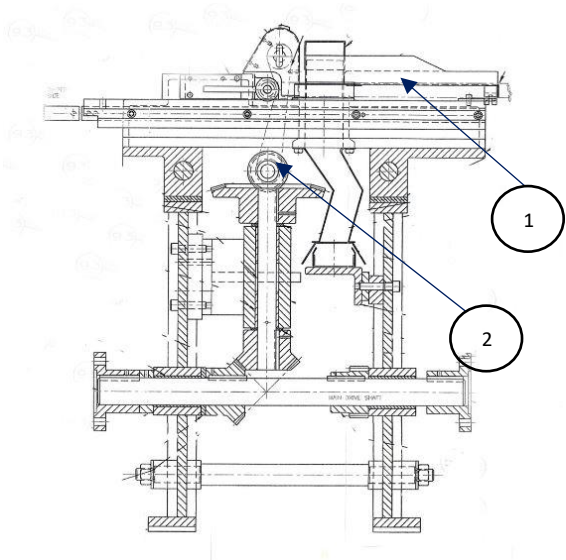
Conveyor subsystem pada *greaser system* ini merupakan *subsystem* yang berfungsi sebagai pemindah kapsul menuju tempat sortir akhir. Kapsul yang telah diambil dari *pinbar* pada *system block automatic* akan berpindah dengan *conveyor* atas lalu kemudian kapsul akan bergerak ke *conveyor* bawah menuju tempat penampungan kapsul sementara. *Conveyor* atas digerakkan oleh *conveyor chain* atas dari *bevel gear* atas. Sedangkan *conveyor* bawah digerakkan oleh pinion bawah. Gambar 4.17, 4.18 dan 4.19 menunjukkan *conveyor subsystem*.



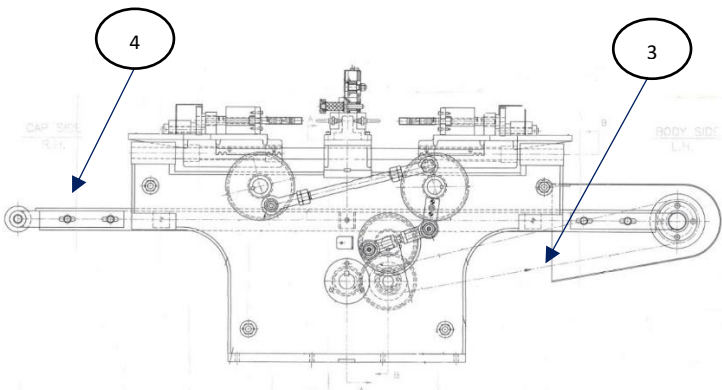
Gambar 4.15 *Upper elevator*



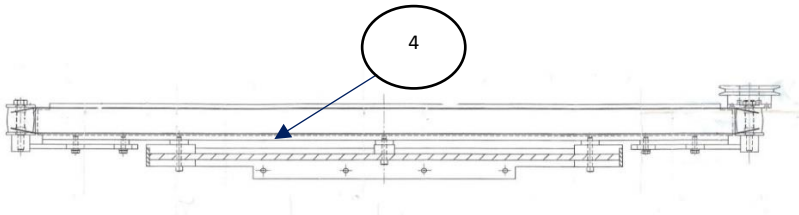
Gambar 4.16 *Elevator bawah*



Gambar 4.17 Elevator atas dan bawah dalam greaser system



Gambar 4.18 Elevator atas dan bawah dalam greaser system



Gambar 4.19 Elevator bawah

Keterangan gambar 4.17, 4.18 dan 4.19 yakni (1)*Conveyor* atas, (2)*Conveyor chain*, (3)*Conveyor drive chain* dan (4)*Conveyor* bawah.

4.3 Analisis Penyebab dan Efek Kegagalan dengan *RCM Information Worksheet*

Adanya kerusakan pada *part* atau bagian dari *Greaser* menyebabkan kinerja *Hard Capsule Machine* terganggu. Untuk menganalisis penyebab dan efek yang ditimbulkan dari kerusakan pada *Greaser subsystem*, maka akan ditentukan fungsi (*function*), kegagalan fungsi (*functional failure*), modus kegagalan fungsi (*failure mode*), dan efek kegagalan fungsi (*failure effect*) dari setiap bagian yang mengalami kerusakan. Analisis ini menggunakan *RCM Information Worksheet*. Diskusi dengan bagian pemeliharaan *RCM Information Worksheet* untuk masing-masing *part* menghasilkan tabel *RCM Information Worksheet* seperti pada Tabel 4.2, Tabel 4.3 dan Tabel 4.4

Tabel 4.2 *RCM Information Worksheet* pada *Main Gear Subsystem*

<i>RCM Information Worksheet</i>			
<i>Function</i>	<i>Functional Failure</i>	<i>Failure Mode</i>	<i>Failure Effect</i>
(1) <i>Greaser Clutch</i>	(A) <i>Greaser clutch</i> tidak berfungsi	(1) <i>Clutch Spring</i> lemah	(1) <i>Timing</i> Berubah (2) <i>Arm</i> Patah

<p>Sebagai control beban pada beban agar tidak <i>overload</i></p>	<p>dengan baik</p>	<p>(2) <i>Coupling Bolt</i> rusak</p>	<p>(1) <i>Shell greaser</i> lepas</p> <p>Tindakan <i>Maintenance clutch spring</i> apabila rusak: - <i>Shutdown Hard Capsule Machine</i></p> <p>- Lama perbaikan rata-rata 5 jam</p> <p>Kerugian produksi: = Rp. 75/kapsul x 750/menit x 300 menit = Rp. 16.875.000,-</p> <p>Tindakan <i>Maintenance coupling bolt</i> apabila rusak: - <i>Shutdown Hard Capsule Machine</i></p> <p>- Lama perbaikan rata-rata 5 jam</p> <p>Kerugian produksi: = Rp. 75/kapsul x 750/menit x 300 menit = Rp. 16.875.000,-</p>
--	--------------------	---	---

<p>(2) <i>Bevel gear</i> Bawah Sebagai penggerak utama dari <i>bevel gear</i> atas</p>	<p>(A) <i>Bevel gear</i> tidak mentransmi sikan daya dari <i>shaft</i> utama</p>	<p>(1) <i>Bevel Gear</i> Bawah Aus</p> <p>(2) <i>Thurst Bearing</i> rusak</p>	<p><i>Block Greaser</i> macet</p> <p>a. Tindakan <i>Maintenance bevel gear</i> bawah apabila rusak: - <i>Shutdown Hard Capsule Machine</i></p> <p>- Lama perbaikan rata-rata 6 jam</p> <p>Kerugian produksi: = Rp. 75/kapsul x 750/menit x 360 menit = Rp. 20.250.000,-</p> <p>b. Tindakan <i>Maintenance thrust bearing</i> apabila rusak: - <i>Shutdown Hard Capsule Machine</i></p> <p>- Lama perbaikan rata-rata 6 jam</p> <p>Kerugian produksi: = Rp. 75/kapsul x 750/menit x 360 menit = Rp. 20.250.000,-</p>
--	--	---	---

<p>(3) <i>Bevel gear</i> atas sebagai penggerak utama dari <i>upper conveyor sprocket</i> dan <i>splained gear</i></p>	<p>(A) <i>Bevel gear</i> tidak mentransmisikan daya ke <i>upper conveyor sprocket</i> dan <i>splained gear</i></p>	<p>(1) <i>Bevel gear</i> atas aus</p> <p>(2) <i>Bearing</i> Aus</p>	<p><i>Block Greaser</i> macet</p> <p>a. Tindakan <i>Maintenance bevel gear</i> atas apabila rusak: - <i>Shutdown Hard Capsule Machine</i></p> <p>- Lama perbaikan rata-rata 6 jam</p> <p>Kerugian produksi: = Rp. 75/kapsul x 750/menit x 360 menit = Rp. 20.250.000,-</p> <p>b. Tindakan <i>Maintenance Bearing shaft</i> atas apabila rusak: - <i>Shutdown Hard Capsule Machine</i></p> <p>- Lama perbaikan rata-rata 6 jam</p> <p>Kerugian produksi: = Rp. 75/kapsul x 750/menit x 360 menit = Rp. 20.250.000,-</p>
--	--	---	--

<p>(4) <i>Pinion Gear</i> bawah Sebagai penggerak <i>arm spinner</i></p>	<p>(A) <i>Pinion gear</i> tidak dapat menggerak kan <i>arm spinner</i></p>	<p>(1) <i>Clearance</i> antara pasak dan <i>gear</i></p> <p>(2) Pasak pada <i>pinion</i> patah</p> <p>(3) <i>Pinion</i> aus</p>	<p><i>Block Greaser</i> mati total</p> <p>Tindakan <i>Maintenance</i> apabila <i>spacer ring</i> rusak: - <i>Shutdown Hard Capsule Machine</i></p> <p>- Lama perbaikan rata-rata 3 jam</p> <p>Kerugian produksi: = Rp. 75/kapsul x 750/menit x 180 menit = Rp. 10.125.000,-</p>
<p>(5) <i>Pinion Main Shaft</i> Sebagai penggerak dari <i>bevel</i> bawah</p>	<p>(A) Daya tidak ditransmisi kan menuju <i>bevel</i> bawah</p>	<p>(1) <i>Spacer Ring</i> rusak</p>	<p><i>Block Greaser</i> mati total</p> <p>Tindakan <i>Maintenance</i> apabila <i>spacer ring</i> rusak: - <i>Shutdown Hard Capsule Machine</i></p> <p>- Lama perbaikan rata-rata 3 jam</p> <p>Kerugian produksi: = Rp. 75/kapsul x 750/menit x 180 menit</p>

			= Rp. 10.125.000,-
(6) <i>Link Arm</i> Sebagai <i>setting</i> kedalaman <i>spindle</i> <i>greaser</i>	(A) Gerakan untuk kedalaman <i>spindle</i> <i>greaser</i> tidak sempurna	(1) <i>Stood body</i> dan cap patah	<i>Greaser shell</i> bagian <i>cap</i> dan <i>body</i> tidak bergerak Tindakan <i>Maintenance</i> apabila <i>stood</i> patah: - <i>Shutdown Hard</i> <i>Capsule Machine</i> - Lama perbaikan rata-rata 1 jam Kerugian produksi: = Rp. 75/kapsul x 750/menit x 60 menit = Rp. 3.375.000,-
(7) <i>Splained</i> <i>Gear</i> Sebagai as penggerak dari <i>spindle</i> <i>greaser cap</i> dan <i>body</i>	(A) <i>Spindle</i> <i>greaser cap</i> dan <i>body</i> tidak bisa bergerak sempurna	(1) <i>Splained</i> <i>shaft</i> patah (2) <i>Clearance</i> semakin besar	<i>Greaser shell</i> tidak dapat berputar Tindakan <i>Maintenance</i> apabila <i>splained</i> <i>shaft</i> patah: - <i>Shutdown Hard</i> <i>Capsule Machine</i> - Lama perbaikan rata-rata 3 jam Kerugian produksi:

			<p>= Rp. 75/kapsul x 750/menit x 180 menit</p> <p>= Rp. 10.125.000,-</p>
<p>(8)</p> <p><i>Stood Rod End</i></p> <p>Sebagai penahan <i>arm link</i> dan penyambun g dengan <i>block greaser</i></p>	<p>(A)</p> <p>Tidak ada yang menyambu ng <i>arm link</i></p>	<p>(1)</p> <p><i>Stood Rod End</i> patah</p>	<p><i>Link arm</i> lepas</p> <p>Tindakan <i>Maintenance</i> apabila <i>stood rod end</i> patah:</p> <ul style="list-style-type: none"> - <i>Shutdown Hard Capsule Machnine</i> - Lama perbaikan rata-rata 1 jam <p>Kerugian produksi:</p> <p>= Rp. 75/kapsul x 750/menit x 60 menit</p> <p>= Rp. 3.375.000,-</p>
<p>(9)</p> <p><i>Cam Greaser</i></p> <p>Sebagai pengatur <i>timing</i> maju mundur dari <i>block greaser</i></p>	<p>(A)</p> <p>Tidak ada yang mengatur <i>timing</i> maju mundur <i>block greaser</i></p>	<p>(1)</p> <p><i>Sliding bolt</i> aus</p>	<p><i>Body</i> kapsul kurang maju ke <i>pin bar</i>.</p> <p>Tindakan <i>Maintenance</i> apabila <i>sliding bolt</i> rusak:</p> <ul style="list-style-type: none"> - <i>Shutdown Hard Capsule Machnine</i> - Lama perbaikan rata-rata 30 menit <p>Kerugian produksi:</p>

			$= \text{Rp. } 75/\text{kapsul} \times 750/\text{menit} \times 30 \text{ menit}$ $= \text{Rp. } 1.687.500,-$
<i>(10)</i> <i>Carriage</i> <i>Gear</i> Sebagai <i>gear</i> penggerak maju mundur dari <i>block</i> <i>greaser</i>	<i>(A)</i> Tidak ada yang menggerak an maju mundur dari <i>block</i> <i>greaser</i>	<i>(1)</i> <i>Carriage</i> <i>Gear</i> aus	Gerakan maju mundur <i>block</i> <i>greaser</i> terhambat Tindakan <i>Maintenance</i> apabila <i>carriage</i> <i>gear</i> rusak: - <i>Shutdown Hard</i> <i>Capsule Machine</i> - Lama perbaikan rata-rata 30 menit Kerugian produksi: $= \text{Rp. } 75/\text{kapsul} \times 750/\text{menit} \times 30 \text{ menit}$ $= \text{Rp. } 1.687.500,-$

Tabel 4.3 RCM Information Worksheet pada Block Greaser Subsystem

<i>RCM Information Worksheet</i>			
<i>Function</i>	<i>Functional Failure</i>	<i>Failure Mode</i>	<i>Failure Effect</i>

(1) <i>Block Greaser</i> Sebagai dudukan dari <i>spindle greaser</i>	(A) Tidak dapat mendukung <i>spindle greaser</i>	(1) Lubang- lubang dudukan <i>spindle greaser</i> aus	(1) Gerak maju mundur <i>block greaser</i> terhambat
			(2) <i>Pin bar</i> tidak center terhadap <i>shell greaser</i>
			(3) Kebocoran oli <i>spindle gear</i>
			(4) Pin pada <i>pin bar</i> tidak terlumasi Tindakan <i>Maintenance</i> apabila <i>block greaser aus</i> - <i>Shutdown Hard Capsule Machine</i> - Lama perbaikan rata-rata 5 jam Kerugian produksi: = Rp. 75/kapsul x 750/menit x 300 menit = Rp. 16.875.000,-

<p>(2) <i>Spindle Gear</i> Sebagai transmisi daya antara <i>spindle greaser</i> satu dengan <i>spindle greaser</i> lainnya.</p>	<p>(A) Daya dari <i>bevel atas</i> tidak tertransmisi kan dengan baik</p>	<p>(1) <i>Spindle gear</i> Aus</p> <p>(2) Pin <i>Spindle Greaser</i> habis</p>	<p>(1) <i>Shell Greaser</i> yang berjumlah 30 tidak berputar semua</p> <p>(2) <i>Shell Greaser</i> lepas dari <i>spindle</i></p> <p>Tindakan <i>Maintenance</i> apabila <i>block greaser aus - Shutdown Hard Capsule Machine</i></p> <p>- Lama perbaikan rata-rata 1.5 jam</p> <p>Kerugian produksi: = Rp. 75/kapsul x 750/menit x 90 menit = Rp. 5.062.500,-</p>
<p>(3) <i>Felt</i> Sebagai sarana pelumas dan pembersih pin bar yang berupa busa.</p>	<p>(A) Tidak dapat melumasi <i>pin bar</i> dengan baik</p>	<p>(1) Busa <i>felt</i> yang terlalu tipis pelumasnya</p>	<p>(1) Tidak semua area <i>Pin</i> pada <i>pin bar</i> yang akan terlumasi akan <i>short body capsule</i>.</p>
			<p>(2) Kapsul lengket</p>
			<p>(3) Penggantian <i>felt</i> lebih sering</p> <p>Tindakan <i>Maintenance</i> apabila <i>felt</i> terlalu tipis</p>

			<p>- <i>Shutdown Hard Capsule Machine</i></p> <p>- Lama penggantian rata-rata 15 menit</p> <p>Kerugian produksi: = Rp. 75/kapsul x 750/menit x 15 menit = Rp. 843.750,-</p>
<p>(4) <i>Shell Greaser</i> Sebagaiudukan <i>felt</i> dan juga pengukur batas <i>stripping</i></p>	<p>(A) Tidak ada tempat untuk <i>felt</i> bekerja</p>	<p>(1) <i>Greaser Shell</i> Aus</p>	<p>(1) Pin pada pin bar tidak dapat terlumasi</p> <p>(2) Penggantian <i>felt</i> lebih sering</p> <p>Tindakan <i>Maintenance</i> apabila <i>felt</i> terlalu tipis</p> <p>- <i>Shutdown Hard Capsule Machine</i></p> <p>- Lama penggantian rata-rata 15 menit</p> <p>Kerugian produksi: = Rp. 75/kapsul x 750/menit x 15 menit = Rp. 843.750,-</p>
<p>(5) <i>Idler Gear</i> Sebagai penyambung gerak antara</p>	<p>(A) Penyambung gerak antara <i>spindle gear</i> gagal</p>	<p>(1) <i>Idler gear</i> aus</p>	<p>(1) <i>Spindle</i> tidak bergerak</p> <p>Tindakan <i>Maintenance</i> apabila <i>idler gear</i> aus</p>

<i>spindle greaser</i>			<p>- <i>Shutdown Hard Capsule Machine</i></p> <p>- Lama perbaikan rata-rata 2 jam</p> <p>Kerugian produksi: = Rp. 75/kapsul x 750/menit x 120 menit = Rp. 6.750.000,-</p>
(6) <i>Bushing Housing</i> Sebagai penumpu <i>splained gear</i> ke <i>idler gear</i>	(A) Tidak adanya tumpuan <i>splained gear</i>	(1) <i>Splained Gear</i> miring (2) <i>Bushing</i> aus	(1) <i>Splained Gear</i> patah Tindakan <i>Maintenance</i> apabila <i>Splained Gear</i> miring - <i>Shutdown Hard Capsule Machine</i> - Lama perbaikan rata-rata 20 menit Kerugian produksi: = Rp. 75/kapsul x 750/menit x 20 menit = Rp. 1.125.000,-

Tabel 4.4 *RCM Information Worksheet* pada *Conveyor Subsystem*

<i>RCM Information Worksheet</i>			
<i>Function</i>	<i>Functional Failure</i>	<i>Failure Mode</i>	<i>Failure Effect</i>

(1) <i>Conveyor Atas</i> Sebagai pembawa kapsul dari <i>block automatic</i> ke <i>lower conveyor</i>	(A) Kapsul tidak terbawa dari <i>block automatic</i> ke <i>lower conveyor</i>	(1) <i>Upper Conveyor</i> Robek (2) <i>Roll Conveyor</i> macet	(1) Produksi kapsul terhambat
			<p>(1) Kapsul keluar jalur yang telah ditentukan</p> <p>Tindakan <i>Maintenance</i> apabila <i>Upper Conveyor</i> bermasalah</p> <p>- <i>Shutdown Hard Capsule Machine</i></p> <p>- Lama perbaikan rata-rata 1.5 jam</p> <p>Kerugian produksi: = Rp. 75/kapsul x 750/menit x 90 menit = Rp 5.062.500,-</p>
(2) <i>Conveyor Chain</i> Sebagai penggerak <i>conveyor</i> atas dari as penggerak	(A) Tidak ada yang menggerakkan <i>conveyor</i> atas	<p>(1) Rantai mulur</p> <p>(2) <i>Misalignment</i> pada rel</p>	<p>Putaran <i>conveyor</i> atas tersentak dan tidak halus</p> <p>Tindakan <i>Maintenance</i> apabila rantai bermasalah</p> <p>- <i>Shutdown Hard Capsule Machine</i></p>

			<p>- Lama perbaikan rata-rata 1 jam</p> <p>Kerugian produksi: = Rp. 75/kapsul x 750/menit x 60 menit = Rp 3.375.000,-</p>
<p>(3) <i>Conveyor Drive Chain</i> Sebagai penggerak <i>conveyor</i> bawah dari as penggerak</p>	<p>(A) Tidak ada yang menggerakkan <i>conveyor</i> bawah</p>	<p>(1) <i>Conveyor Drive Chain</i> mulur</p>	<p>Putaran <i>conveyor</i> bawah tersentak dan tidak halus</p> <p>Tindakan <i>Maintenance</i> apabila rantai bermasalah - <i>Shutdown Hard Capsule Machine</i></p> <p>- Lama perbaikan rata-rata 1 jam</p> <p>Kerugian produksi: = Rp. 75/kapsul x 750/menit x 60 menit = Rp 3.375.000,-</p>
<p>(4) <i>Conveyor Bawah</i> Sebagai pembawa kapsul dari <i>block automatic</i></p>	<p>(A) Kapsul tidak terbawa dari <i>conveyor</i> atas ke tempat</p>	<p>(1) <i>Upper Conveyor Robek</i></p> <p>(2)</p>	<p>(1) Kapsul keluar dari jalur produksi yang telah ditentukan</p> <p>(1) <i>Conveyor</i> bawah menempel keudukan <i>conveyor</i> bawah</p>

ke <i>lower conveyor</i>	penampungan kapsul	<i>Roll Conveyor</i> macet	<p>Tindakan <i>Maintenance</i> apabila <i>Conveyor</i> bawah bermasalah</p> <ul style="list-style-type: none"> - <i>Shutdown</i> Hard Capsule Machine - Lama perbaikan rata-rata 1.5 jam <p>Kerugian produksi: = Rp. 75/kapsul x 750/menit x 90 menit = Rp 5.062.500,-</p>
--------------------------	--------------------	----------------------------	--

Tabel 4.5 Kerugian biaya pada masing-masing *subsystem*

Nama <i>subsystem</i>	Kerugian Produksi
<i>Main Gear</i>	Rp 138.375.000
<i>Block Greaser</i>	Rp 31.500.000
<i>Conveyor</i>	Rp 16.875.000
Total	Rp 186.750.000

Masing masing *subsystem* memiliki potensi kerugian produksi akibat perbaikan yang tercantum pada tabel 4.5. Jika diakumulasi seluruh *subsystem*, apabila semua *failure mode*

diperbaiki dan diganti, potensi kehilangan penghasilan pada 1 mesin sebanyak Rp 186.750.000.

4.4 Analisis *RCM Decision Worksheet*

Tahap analisis *RCM Decision Worksheet* pada *greaser system* untuk mengetahui semua masalah pada masing-masing komponen. Analisis *RCM Information Worksheet* seperti pada Tabel 2.2 dimana terdapat 14 kolom yang terbagi kedalam 5 kolom besar yakni *Information reference*, *Consequence evaluation*, *proactive task* (H1, S1, O1, H2, S2, O2, H3, S3, dan O3) dan *default action*. Kolom *consequence evaluation* hingga *proposed task* diisi dengan Y (yes) jika kolom tersebut sesuai dengan jenis perawatan yang tepat atau N (no) jika kolom tersebut tidak sesuai dengan jenis perawatan yang tepat teruntuk masing-masing *part* menghasilkan tabel *RCM Decision Worksheet* seperti pada Tabel 4.6

Tabel 4.6 *RCM Decision Worksheet* pada *Main Gear Subsystem*

<i>RCM Decision Worksheet</i>													
<i>Information Reference</i>			<i>Consequence Evaluation</i>				H1	H2	H3	<i>Default Action</i>			<i>Proposed Task</i>
							S1	S2	S3				
							O1	O2	O3				
F	FF	FM	H	S	E	O	N1	N2	N3	H4	H5	S4	
1	A	1	Y	N	N	Y	N	Y					Penyetelan <i>Clutch Spring</i> saat <i>overhaul</i> <i>Scheduled restoration</i>
1	A	2	Y	N	N	Y	N	N	Y				Penggantian <i>Coupling Bolt</i> <i>Scheduled</i>

													<i>discard</i>
2	A	1	Y	N	N	Y	N	Y					<p>Pelumasan berkala pada <i>Bevel gear</i>. Jika ketebalan gigi <3mm, dilakukan penggantian</p> <p><i>Scheduled restoration</i></p>
2	A	2	Y	N	N	Y	N	N	Y				<p>Penggantian <i>Bearing</i></p> <p><i>Scheduled discard</i></p>
3	A	1	Y	N	N	Y	N	Y					<p>Pelumasan berkala pada <i>Bevel gear</i>. Jika ketebalan gigi <3mm, dilakukan penggantian</p> <p><i>Scheduled restoration</i></p>
3	A	2	Y	N	N	Y	N	N	Y				<p>Penggantian <i>Bearing</i></p> <p><i>Scheduled discard</i></p>
4	A	1	Y	N	N	Y	N	N	N	Y			<p>Pengecekan atau <i>adjust clearance</i> antara pasak dan <i>gear</i> secara periodik, <i>scheduled</i></p>

													<i>failure finding,</i>
4	A	2	Y	N	N	Y	Y						Penggantian Pasak <i>Scheduled on Condition</i>
4	A	3	Y	N	N	Y	N	Y					Pelumasan berkala pada <i>Pinion</i> . Jika ketebalan gigi <3mm, dilakukan penggantian <i>Scheduled restoration</i>
5	A	1	N	N	N	Y	N	N	Y				Spacer ring replacement , <i>Scheduled discard</i>
6	A	1	N	N	N	Y	N	N	Y				Stood body replacement , <i>Scheduled discard</i>
7	A	1	Y	N	N	Y	N	N	N	Y			Pengecekan atau <i>adjust clearance</i> antara pasak dan <i>gear</i> secara periodik, <i>Scheduled failure finding,</i>
7	A	2	Y	N	N	Y	Y						<i>Check clearance</i> secara berkala.

															<i>Scheduled on condition</i>
8	A	1	N	N	N	Y	N	N	Y						<i>Stood rod end replacement , scheduled discard</i>
9	A	1	Y	N	N	Y	Y								<i>Penggantian bolt ketika failure Scheduled on Condition</i>
10	A	1	N	N	N	Y	N	Y							<i>Pelumasan berkala pada carriage gear. Scheduled restoration.</i>

Tabel 4.7 Contoh pembacaan *RCM Information Worksheet*

<i>RCM Decision Worksheet</i>														
<i>Information Reference</i>			<i>Consequence Evaluation</i>							<i>Default Action</i>				<i>Proposed Task</i>
F	FF	FM	H	S	E	O	N1	N2	N3	H4	H5	S4		
K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7	K8	K9	K10	K11	K12	k13	K14	
1	A	1	Y	N	N	Y	N	Y						<i>Penyetelan Clutch Spring saat overhaul Scheduled restoration</i>

Contoh penjelasan *RCM Decision Worksheet* pada tabel 4.7, pada baris 1 ditulis 1 A 1 Y N N Y N Y. Tiga kolom pertama (1 A 1) mengacu pada *failure mode* di *RCM Information Worksheet Block Greaser Subsystem* yakni *clutch spring* lemah. Lalu pada kolom *consequence evaluation* ditulis Y N N Y. Kolom 4 ditulis Y karena terdapat dampak pada *hidden failure*. Kolom 5 ditulis N karena tidak terdapat dampak pada *safety*. Kolom 6 ditulis N karena tidak terdapat dampak pada *environment*. Kolom 7 ditulis Y karena terdapat dampak pada *operational*. Lalu pada kolom *proactive task* (kolom 8-10) ditulis N Y. Kolom 8 ditulis N karena *scheduled on condition task* bukanlah jenis perawatan yang tepat. Kolom 9 ditulis Y karena kebijakan perawatan yang tepat untuk mencegah kerusakan adalah *scheduled restoration task*. Lalu pada kolom 14 ditulis *proposed task* ditulis penyetelan *clutch spring* saat overhaul yang merupakan tindakan perawatan yang tepat untuk *failure mode clutch spring* lemah.

Tabel 4.8 *RCM Decision Worksheet* pada *Block Greaser Subsystem*

<i>RCM Decision Worksheet</i>													
<i>Information Reference</i>			<i>Consequence Evaluation</i>				H1	H2	H3	<i>Default Action</i>			<i>Proposed Task</i>
							S1	S2	S3				
							O1	O2	O3				
F	FF	FM	H	S	E	O	N1	N2	N3	H4	H5	S4	
1	A	1	Y	N	N	Y	N	Y					Penambahan tebal lubang dengan cara di las secara berkala <i>Scheduled Restoration - Preventive Maintenance</i>

2	A	1	Y	N	N	Y	N	Y							Pelumasan berkala pada <i>Spindle Gear</i> . <i>Scheduled Restoration - Preventive Maintenance.</i>
2	A	2	N	N	N	Y	Y								Cek keausan <i>Scheduled on condition</i>
3	A	1	Y	N	N	Y	N	Y							Penambahan pelumas berkala dengan sistem pompa baru. <i>Scheduled retoration</i>
4	A	1	Y	N	N	Y	N	N	N	N	Y				<i>Redesign</i>
5	A	1	N	N	N	Y	N	Y							Pelumasan pada <i>idler gear</i> <i>scheduled restoration</i>
6	A	1	Y	N	N	Y	Y								Meluruskan kembali <i>Splained gear</i> . <i>Scheduled on condition</i>
6	A	2	Y	N	N	Y	N	N	Y						Penggantian <i>bushing</i> secara berkala. <i>Scheduled discard</i>

Tabel 4.9 RCM Decision Worksheet pada Conveyor Subsystem

<i>RCM Decision Worksheet</i>														
<i>Information Reference</i>			<i>Consequence Evaluation</i>					H1	H2	H3	<i>Default Action</i>			<i>Proposed Task</i>
								S1	S2	S3				
								O1	O2	O3				
F	FF	FM	H	S	E	O	N1	N2	N3	H4	H5	S4		
1	A	1	N	N	N	Y	N	N	Y					Penggantian <i>conveyor</i> secara berkala. <i>Scheduled discard</i>
1	A	2	N	N	N	Y	Y							Periksa roll conveyor dari pengganggu. <i>Predictive maintenance.</i>
2	A	1	N	N	N	Y	N	Y						Kencangkan rantai secara berkala. <i>Scheduled restoration</i>
2	A	2	N	N	N	Y	Y							Setting <i>allignment</i> ke posisi semula. <i>Scheduled on condition - Predictive Maintenance</i>
3	A	1	N	N	N	Y	N	Y						Kencangkan rantai secara berkala <i>Scheduled restoration</i>
4	A	1	Y	N	N	Y	N	N	Y					Penggantian <i>conveyor</i> secara berkala.

																<i>Scheduled discard</i>
4	A	2	N	N	N	Y	Y									Periksa <i>roll conveyor</i> dari pengganggu. <i>Predictive Maintenance.</i>

4.5 Rekomendasi

4.5.1 Maintenance Task

Rekomendasi tindakan yang dihasilkan dengan pendekatan *Reliability Centered Maintenance (RCM)* sebagai perencanaan tindakan terhadap masing-masing *failure mode* komponen dapat dilihat pada Tabel 4.10.

Tabel 4.10 Rekomendasi *Maintenance Task*

No	Kategori	<i>Failure Mode</i>
1.	<i>Scheduled on condition</i>	Pasak pada pinion patah, <i>Splained gear</i> patah, <i>Sliding bolt</i> aus, Pin <i>Spindle Greaser</i> habis, <i>Splained Gear</i> miring, <i>Roll Conveyor</i> atas macet, <i>Misalignment</i> pada rel, <i>Roll Conveyor</i> bawah macet
2.	<i>Scheduled restoration</i>	<i>Clutch Spring</i> lemah, <i>Bevel gear</i> bawah aus, <i>Bevel gear</i> atas aus, <i>Pinion</i> aus, <i>Carriage gear</i> aus, lubang-lubangudukan <i>spindle greaser</i> aus, <i>Spindle gear</i> Aus, Busa <i>felt</i> yang terlalu tipis pelumasnya, <i>Idler gear</i> aus, Rantai mulur, <i>Conveyor drive chain</i> mulur
		-

3.	<i>Scheduled discard</i>	<i>Coupling bolt</i> rusak, <i>Thurst bearing</i> rusak, <i>Bearing</i> aus, <i>Spacer ring</i> rusak, <i>Stood body</i> dan <i>cap</i> patah, <i>Stood rod end</i> patah, <i>Bushing</i> aus, <i>Upper conveyor</i> robek
4.	<i>Failure finding</i>	<i>Clearance</i> antara pasak dan gear, <i>Clearance splained gear</i> semakin besar.
5.	<i>Redesign</i>	<i>Greaser Shell</i> aus
6.	<i>No scheduled Maintenance</i>	-

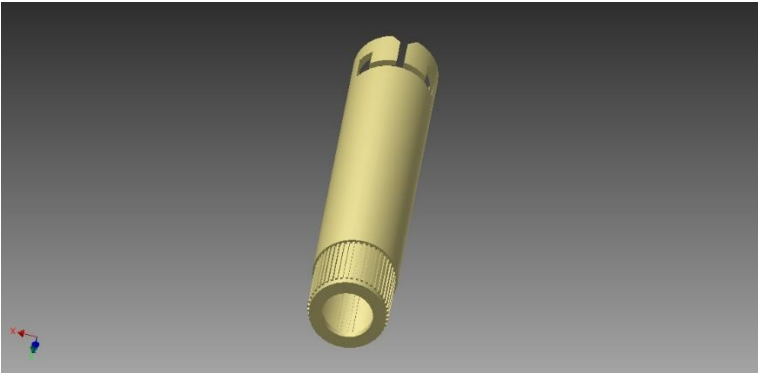
4.5.2 *Redesign*

Berdasarkan permasalahan yang ada, penulis mengusulkan *redesign* pada *greaser shell*. *Greaser shell* adalah benda yang berbentuk silinder yang memiliki lubang di tengah untuk lubang masuknya *pin* pada *pin bar* yang akan dilumasi dengan cairan pelumas (lestin). Cairan pelumas ini mengendap di dalam *felt* yang berbahan dasar dari busa sabut kain. Setiap 8 jam sekali, pelumas dioleskan ke dalam *felt* dengan cara mengoleskan secara manual pada alat pengoles *felt*. Kandungan pelumas pada *felt* ini adalah $\pm 8\text{cc}$ pada setiap *greaser shell*. Masalah utama yang terdapat dalam *greaser shell* ini adalah masa ganti *greaser shell* yang memakan waktu rata-rata 15 menit pada sekali pergantian. Pada saat pergantian *greaser shell*, mesin harus dalam keadaan mati (*downtime*). Penggantian *greaser shell* ini merupakan penyebab *downtime* paling sering dalam *greaser system* ini setiap 1 shift sekali (8 jam sekali). Setiap harinya, mesin akan mati selama 45 menit hanya karena *greaser shell* diganti secara manual. Setiap 1 mesin ini jika diakumulasikan per bulan, mesin akan mati selama

1350 menit atau selama 22.5 jam. Apabila diakumulasikan per tahun, mesin akan mati selama 16200 menit atau 270 jam per tahun. Kerugian per bulan akibat *downtime* mesin ini adalah Rp 607.500.000 per 8 mesin atau Rp 75.937.500 per mesin. Selain akibat *downtime*, desain dari *greaser shell* yang berasal dari pabrikan memiliki kelemahan yakni terdapat 2 pengunci bagian kanan dan kiri. Jika tidak dipasang sesuai dengan arah rotasi, maka akan menyebabkan *greaser shell* aus dan lepas dari penguncinya



Gambar 4.20 Tampak luar *greaser shell* lama yang telah di *assemble* dengan *spindle gear*



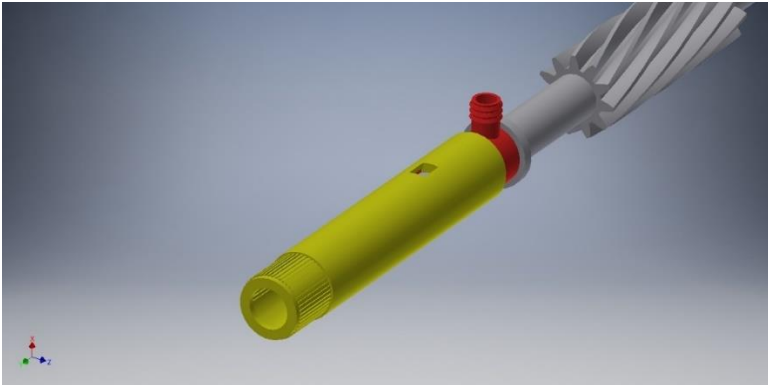
Gambar 4.21 Tampak luar *greaser shell* lama



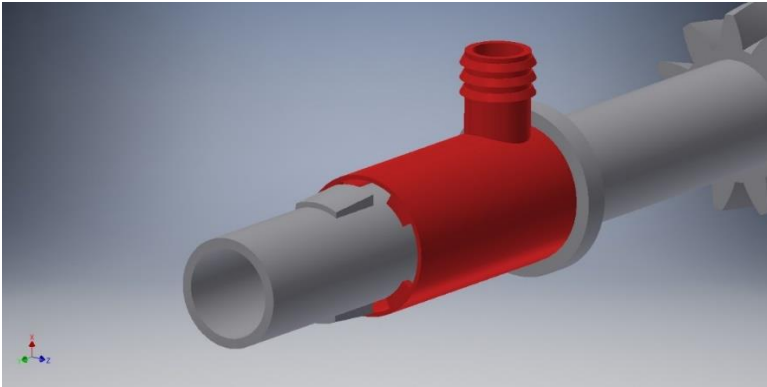
Gambar 4.22 Tampak dalam *greaser shell* lama

Berdasarkan permasalahan yang telah diuraikan diatas maka perlu dilakukan redesign terhadap *greaser shell* beserta poros *spindle* gear. Antara *greaser shell* dengan poros *spindle* gear ditambahkan pipa penyalur pelumas lestisin yang memompakan

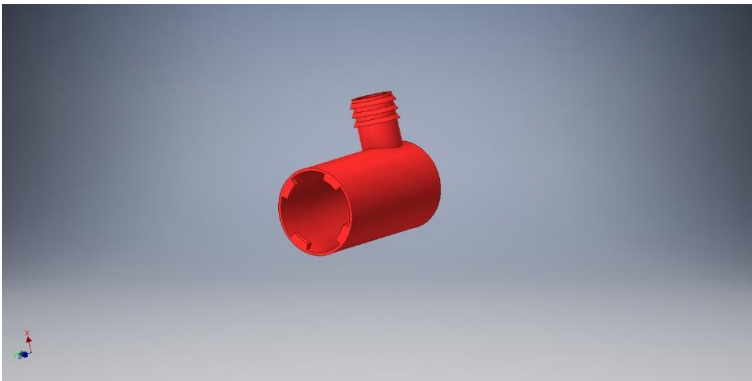
lestisin. Dengan ketebalan busa setebal 3mm, busa *felt* ini akan mendapatkan pelumas dari sistem pompa yang menyalurkan lestisin setiap jam. Walaupun sudah dipompakan setiap jam, *felt* tetap harus diganti dengan frekuensi waktu 3 hari sekali untuk menghindari *greaser shell* yang terlalu lembab. Jika terlalu lembab, makan *greaser shell* akan berjamur. Lalu sistem pengunci diganti tidak dengan 2 buah lobang pengunci kiri dan kanan, melainkan dengan sistem lock yang langsung mengunci tanpa harus melihat arah putaran dari *spindle gear*.



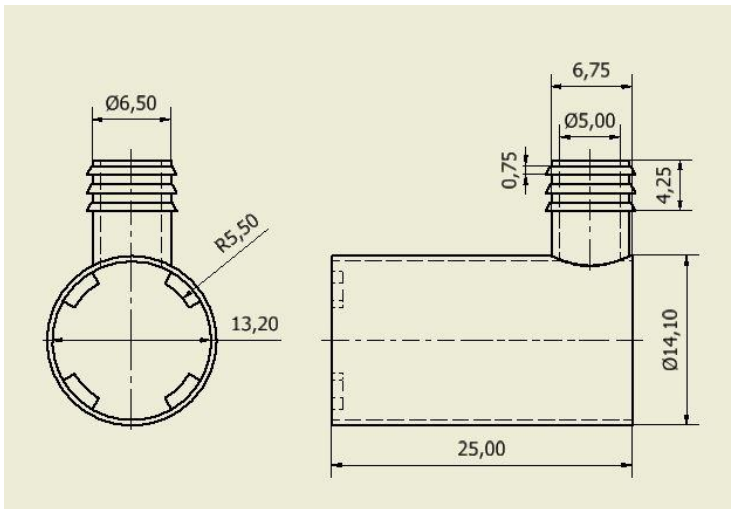
Gambar 4.23 Tampak luar *greaser shell* hasil *redesign* yang telah di *assemble* dengan *spindle gear*



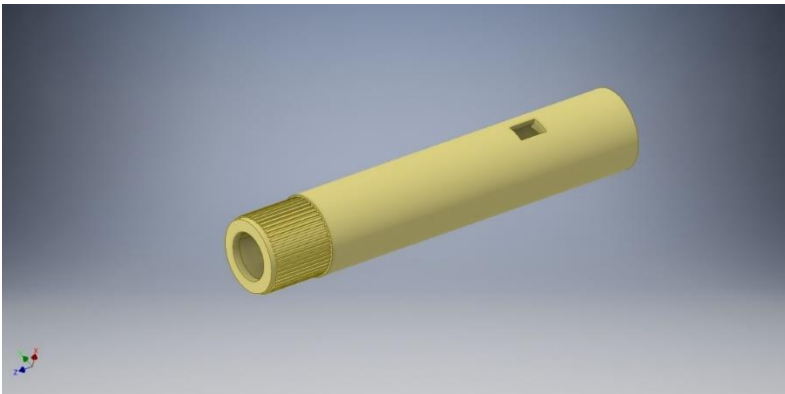
Gambar 4.24 Tampak dalam *greaser shell*



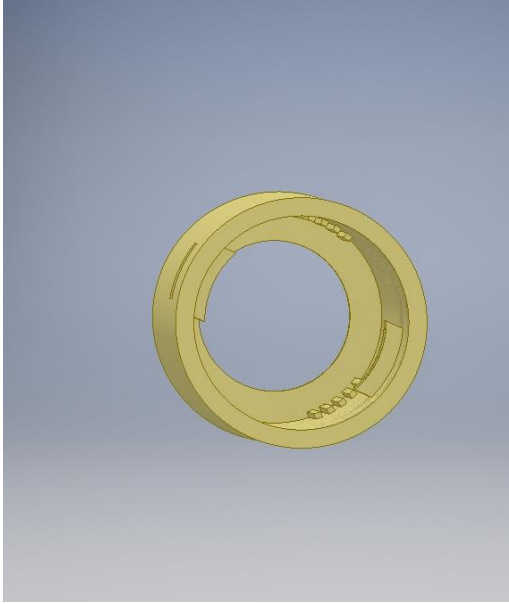
Gambar 4.25 Tampak luar pipa fluida



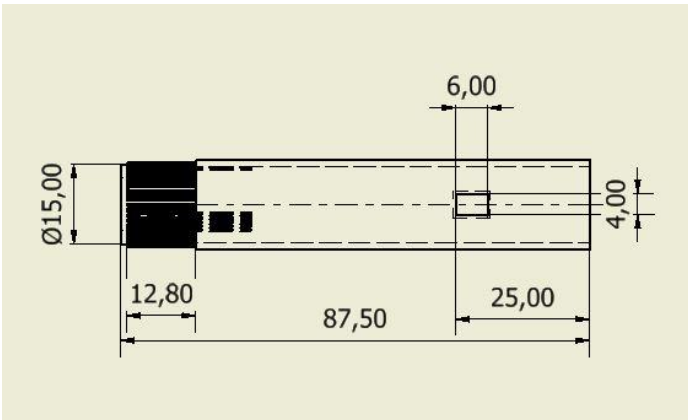
Gambar 4.26 Tampak luar pipa fluida



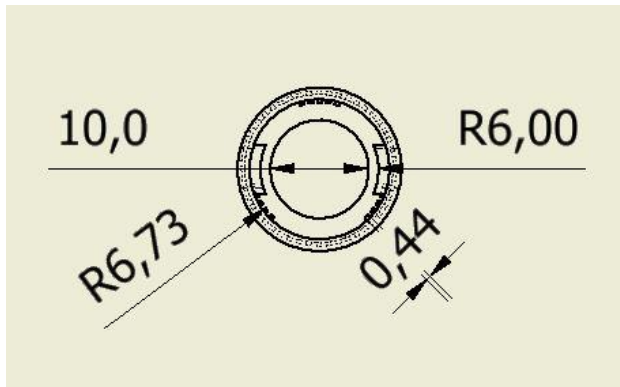
Gambar 4.27 Tampak luar greaser shell hasil *redesign*



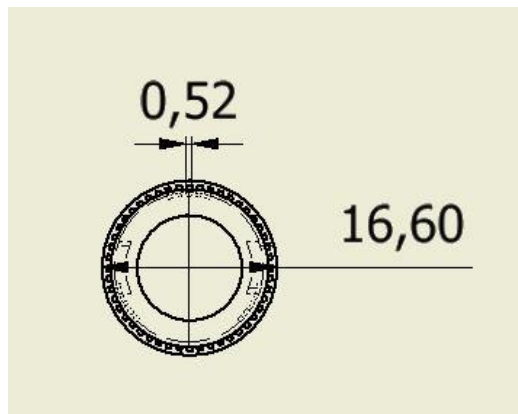
Gambar 4.28 Tampak dalam *greaser shell* hasil *redesign*



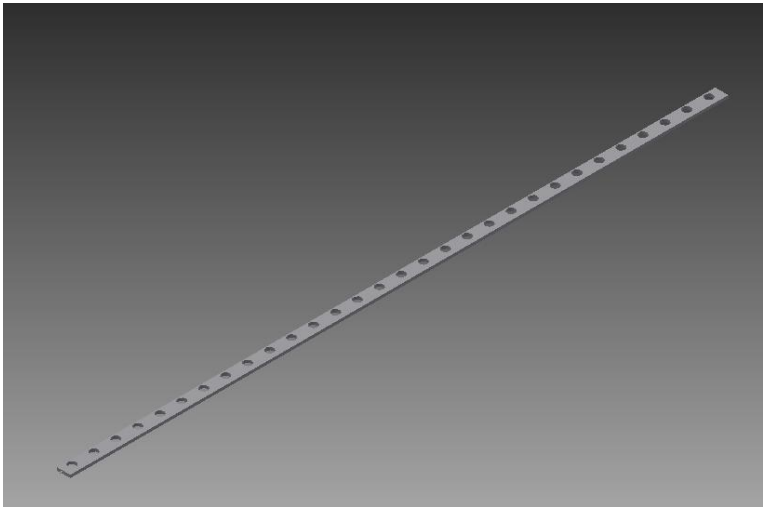
Gambar 4.29 Tampak luar *greaser shell* baru



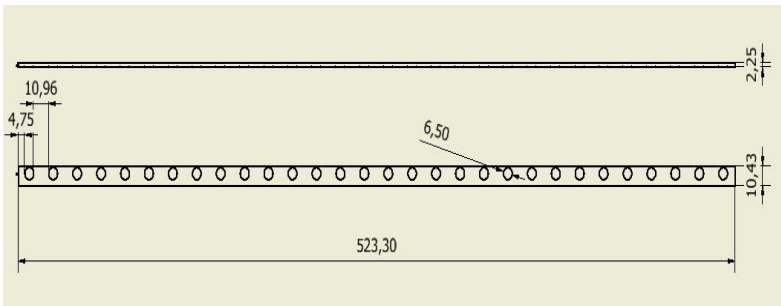
Gambar 4.30 Tampak dalam *greaser shell* baru



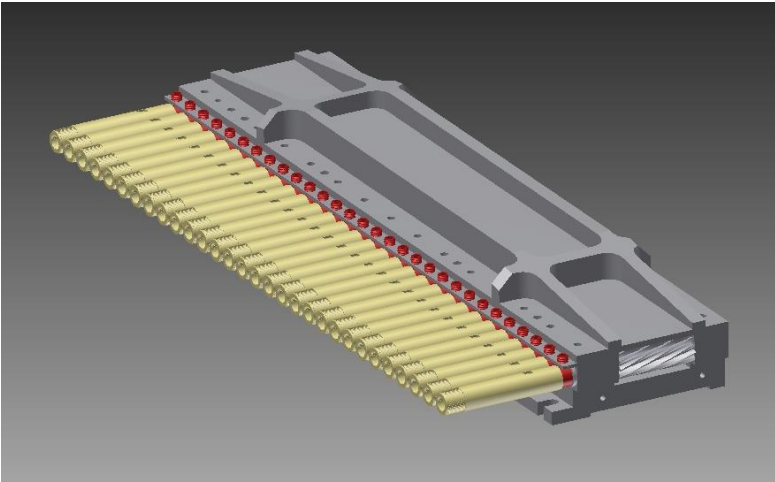
Gambar 4.31 Tampak depan *greaser shell* baru



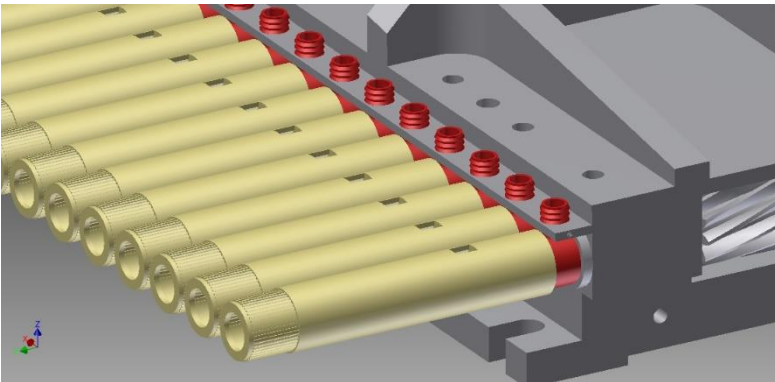
Gambar 4.32 Penahan pipa fluida



Gambar 4.33 Dimensi penahan pipa fluida



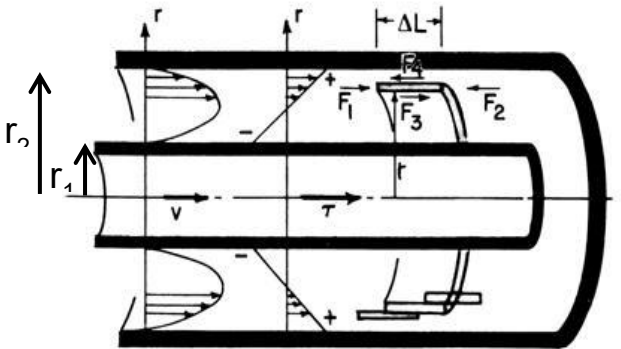
Gambar 4.34 *Greaser shell dan block greaser yang telah ter-assemble*



Gambar 4.35 *Greaser shell dan block greaser yang telah ter-assemble, tampak dekat*

Untuk mengetahui penurunan tekanan sepanjang aliran pipa fluida, dilakukan perhitungan *pressure drop*. Penurunan

tekanan atau *pressure drop* adalah hasil dari gaya gesek pada fluida ketika mengalir melalui tabung yang disebabkan oleh resistensi terhadap aliran. Penentu utama resistensi terhadap aliran fluida adalah kecepatan fluida melalui pipa dan viskositas fluida. Karena pada perancangan ini desain pipa berbentuk *annulus*, maka Perhitungan fluida berdasarkan rumusan *pressure drop* pada pipa *annulus*. Pada gambar 4.31, r_2 adalah jari-jari pipa sedangkan r_1 adalah jari-jari poros. Fluida akan mengalir melalui jalur yang berada di r_2 . Sebelum didapatkan angka *pressure drop* terlebih dahulu mencari kecepatan aliran dari pipa berdasarkan persamaan 2.5.



Gambar 4.36 Skema pipa annulus

Kecepatan aliran dapat dihitung dengan persamaan (2.5). Debit aliran direncanakan sebesar 1ml/jam atau $2.8 \times 10^{-10} \text{ m}^3/\text{detik}$. Panjang r_2 yakni 6.67 mm atau $6.67 \times 10^{-3} \text{ m}$ sedangkan r_1 sebesar 5.5 mm atau $5.55 \times 10^{-3} \text{ m}$.

$$v = \frac{2.8 \times 10^{-10} \frac{\text{m}^3}{\text{s}}}{\pi((6.67 \times 10^{-3})^2 - (5.55 \times 10^{-3})^2)}$$

$$v = \frac{2.8 \times 10^{-10} \frac{m^3}{s}}{4.184 \times 10^{-5} m^2}$$

$$v = 6.69 \times 10^{-6} \frac{m}{s}$$

Kecepatan aliran didapatkan sebesar 6.69×10^{-6} m/detik. Dilanjutkan dengan perhitungan *pressure drop*. *Pressure drop* dapat dihitung dengan persamaan (2.6) dimana *dynamic viscosity greaser oil* = 15 Pa.s.

$$\frac{dP}{dL} = \frac{12 \mu v}{(r_2 - r_1)^2}$$

$$\frac{dP}{dL} = \frac{12 \times 15 \frac{kg}{ms^2} s \times (6.69 \times 10^{-6} \frac{m}{s})}{(6.67 \times 10^{-3} - 5.55 \times 10^{-3})^2}$$

$$\frac{dP}{dL} = \frac{(1.204 \times 10^{-3} \frac{m}{s^2})}{(1.3689 \times 10^{-3})}$$

$$\frac{dP}{dL} = 879.53 \frac{kg}{m^2 s^2}$$

Panjang pipa dari selang *input* yakni 25mm atau 25×10^{-3} m. Maka perhitungan *pressure drop* dikalikan dengan panjang pipa.

$$\Delta P = 879.53 \frac{kg}{m^2 s^2} \times (25 \times 10^{-3} m)$$

$$\Delta P = 21.98 \frac{kg}{m s^2}$$

Setelah didapatkan *pressure drop* pada pipa, dilanjutkan dengan perhitungan *pressure drop* pada bagian *greaser shell* yang terdapat poros. Kecepatan aliran dapat dihitung dengan persamaan (2.5). Debit aliran direncanakan sebesar 1ml/jam atau 2.8×10^{-10} m³/detik. Panjang r_2 yakni 7.1 mm atau 7.1×10^{-3} m sedangkan r_1 sebesar 5.5 mm atau 5.55×10^{-3} m.

$$v = \frac{2.8 \times 10^{-10} \frac{m^3}{s}}{\pi((7.1 \times 10^{-3})^2 - (5.55 \times 10^{-3})^2)}$$

$$v = \frac{2.8 \times 10^{-10} \frac{m^3}{s}}{6.33 \times 10^{-5} m^2}$$

$$v = 4.4 \times 10^{-6} \frac{m}{s}$$

Kecepatan aliran didapatkan sebesar 4.4×10^{-6} m/detik. Dilanjutkan dengan perhitungan *pressure drop*. *Pressure drop* dapat dihitung dengan persamaan (2.6) dimana *dynamic viscosity greaser oil* = 15 Pa.s.

$$\frac{dP}{dL} = \frac{12 \mu v}{(r_3 - r_1)^2}$$

$$\frac{dP}{dL} = \frac{12 \times 15 \frac{kg}{ms^2} s \times (4.4 \times 10^{-6} \frac{m}{s})}{(7.1 \times 10^{-3} - 5.55 \times 10^{-3})^2}$$

$$\frac{dP}{dL} = \frac{(8 \times 10^{-4} \frac{m}{s^2})}{(2.56 \times 10^{-6})}$$

$$\frac{dP}{dL} = 312.5 \frac{kg}{m^2 s^2}$$

Panjang *greaser shell* yang terlewati poros dari ujung pipa yakni 21.75 mm atau 21.75×10^{-3} m. Maka perhitungan *pressure drop* dikalikan dengan *greaser shell* yang terlewati poros.

$$\Delta P = 312.5 \frac{kg}{m^2 s^2} \times (21.75 \times 10^{-3} m)$$

$$\Delta P = 6.79 \frac{kg}{m s^2}$$

Maka *pressure drop* total adalah

$$\Delta P = 21.98 \frac{kg}{m s^2} + \Delta P = 6.79 \frac{kg}{m s^2}$$

$$\Delta P = 28.77 \frac{kg}{m s^2}$$

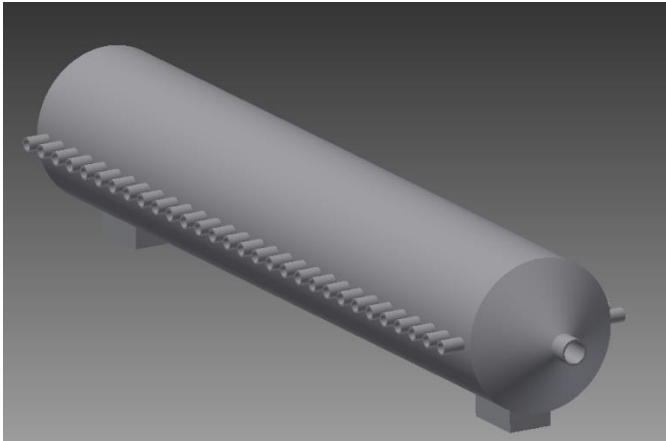
Berdasarkan perhitungan *pressure drop* diatas, didapat angka Δp sebesar 28.77 kg/ms^2 untuk masing masing *greaser shell*. utama ini akan memompakan Lestisin sebanyak 1ml per jam.

Untuk memompa fluida, jenis pompa yang dipakai adalah *low pressure dosing pump*. *Dosing pump* ini mampu di *set* agar

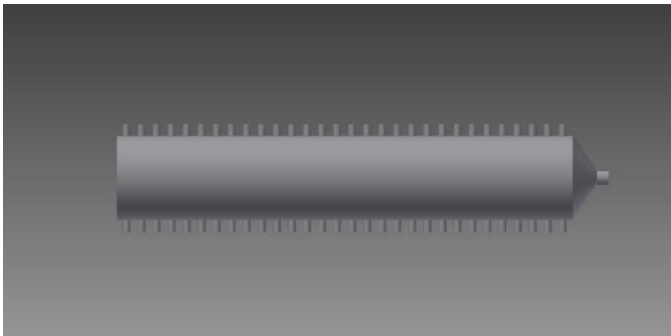
memompakan fluida sebanyak 1ml/jam. Harga dari dosing pump ini adalah \$80. Dengan harga yang tidak terlalu mahal, penambahan pompa jenis *dosing pump* ini masih *feasible* untuk diterapkan di perusahaan. Lalu, setelah dari dosing pump, ditambahkan *manifold* yang bertujuan agar terjadi ekivalisasi yakni penyesuaian *flow rate* di masing-masing pipa kecil supaya terjadi keseimbangan aliran.



Gambar 4.37 *Low pressure Dosing pump*



Gambar 4.38 Desain *manifold*



Gambar 4.39 Tampak samping desain *manifold*

Berdasarkan analisis biaya, tanpa ditambahkan pompa lestin, perusahaan akan merugi per bulan sebanyak Rp 607.500.000 per 8 mesin atau Rp 75.937.500 per mesin. Jika dihitung kerugian per-harinya, maka perusahaan rugi sebanyak Rp 2.531.250 per mesin per hari. Kerugian dihitung dari kerugian tidak

terproduksinya kapsul sebanyak 18000 buah per harinya dimana kerugian per menit sebesar Rp 56.250.

Felt kapsul pada kondisi normal akan di *recycle* atau *retreatment* setiap ± 7 hari dikarenakan kondisi *felt* harus prima dan terbebas dari kuman. *Felt* akan digilir pemakaian setiap 1 hari sekali dimana pemakaian per minggu akan memakan waktu selama 56 jam. Dengan ditambahkan sistem pompa, pelumas akan dipompakan sebanyak 1ml/jam ke *felt* yang ada di *greaser shell*. Maka setelah ditambahkan sistem pelumasan langsung, penggantian *felt* akan berkurang frekuensinya dari 8 jam sehari menjadi 2 hari sekali (48 jam). *Felt* juga harus di ganti dan di *retreatment* agar kualitas pencelupana tetap prima. *Downtime* akan berkurang dari 1350 menit/bulan menjadi 225 menit/bulan. Penurunan *downtime* cukup signifikan karena pada sistem yang lama, penggantian *greaser shell* setiap 8 jam sekali dimana setiap penggantian membutuhkan waktu 15 menit. Pada sistem yang baru, *greaser shell* diganti setiap 2 hari sekali dengan waktu 15 menit. Setelah dihitung, maka kerugian akibat *downtime* pada sistem yang baru per bulan per mesin adalah Rp 11.812.500. Selisih yang didapatkan adalah Rp 64.125.000. Sehingga penambahan pompa ini dapat diaplikasikan oleh perusahaan untuk mengurangi kerugian yang timbul akibat *downtime* pada *greaser shell* yang cukup lama.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Kesimpulan yang diperoleh dari hasil penelitian *Reliability Centered Maintenance (RCM)* pada *greaser system* adalah :

1. Terdapat 3 subsistem pada *Greaser System Hard Capsule Machine*. Dari ketiga subsistem yaitu *Main Gear*, *Block Greaser* dan *Conveyor* terdapat 31 *failure mode*. Tiga puluh satu *failure mode* yang timbul dapat dicegah dengan sistem perawatan sesuai dengan kondisi masing-masing komponen.
2. *Main Gear subsystem* memiliki 16 *failure mode*. Terdapat 3 *failure mode* yang dapat dicegah dengan *Scheduled on Condition Task*, 5 *failure mode* yang dapat dicegah dengan *Scheduled restoration task*, 6 *failure mode* yang dapat dicegah dengan *Scheduled discard task* dan 2 *failure mode* yang perlakuan perawatannya dengan *failure finding*.
3. *Block Greaser subsystem* memiliki 8 *Failure Mode*. Terdapat 2 *failure mode* yang dapat dicegah dengan *Scheduled on Condition Task*, 4 *failure mode* yang dapat dicegah dengan *Scheduled restoration task*, 1 *failure mode* yang dapat dicegah dengan *Scheduled discard task*, 0 *failure mode* yang perlakuan perawatannya dengan *failure finding* dan 1 *failure mode* yang harus di *redesign*.
4. *Conveyor subsystem* terdapat 7 *Failure Mode*. Terdapat 3 *failure mode* yang dapat dicegah dengan *Scheduled on Condition Task*, 2 *failure mode* yang dapat dicegah dengan *Scheduled restoration task*, 2 *failure mode* yang dapat dicegah dengan *Scheduled discard task*.
5. *Redesign greaser shell* akan mengurangi kerugian perusahaan dikarenakan *downtime* pada *greaser shell*

yang cukup lama. Dengan ditambahkan sistem pompa, *downtime* akan berkurang dari 1350 menit/bulan menjadi 225 menit/bulan. Penurunan *downtime* cukup signifikan karena pada sistem yang lama, penggantian *greaser shell* setiap 8 jam sekali dimana setiap penggantian membutuhkan waktu 15 menit. Pada sistem yang baru, *greaser shell* diganti setiap 2 hari sekali dengan waktu 15 menit. Setelah dihitung, maka kerugian akibat *downtime* pada sistem yang baru per bulan per mesin adalah Rp 11.812.500. Selisih yang didapatkan adalah Rp 64.125.000. Sehingga penambahan pompa ini dapat diaplikasikan oleh perusahaan untuk mengurangi kerugian yang timbul akibat *downtime* pada *greaser shell* yang cukup lama.

5.2 Saran

Saran yang dapat diberikan pada penelitian Tugas Akhir ini adalah:

1. Berdasarkan hasil studi lapangan dan penyusunan sistem perawatan dengan *Reliability Centered Maintenance (RCM)*, penulis tugas akhir menyarankan agar *Reliability Centered Maintenance (RCM)* ini dapat diterapkan dalam sistem perawatan *greaser system* dikarenakan perusahaan hanya melakukan pendataan riwayat mesin tanpa menyusun *maintenance task*. Metode *RCM* ini dapat juga diterapkan pada sistem lainnya pada *Hard Capsule Machine*.
2. Adanya perbaikan mengenai *maintenance data history* dan penggantian komponen secara lengkap dan komprehensif serta pencatatan direkap dalam *database* terkomputerisasi
3. Perusahaan sebaiknya melakukan tindakan perawatan pencegahan secara intensif untuk menghindari terjadinya kerusakan yang dapat mempengaruhi proses

produksi dan meningkatnya pengeluaran akibat perbaikan komponen.

4. Adanya pengecekan yang lebih komprehensif pada *allignment poros* dengan tumpuan dikarenakan *allignment poros* yang tidak sesuai menyebabkan titik berat poros tidak tepat ditengah. Titik berat poros yang tidak tepat ditengah menyebabkan getaran berlebih sehingga terjadi keausan.

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

DAFTAR PUSTAKA

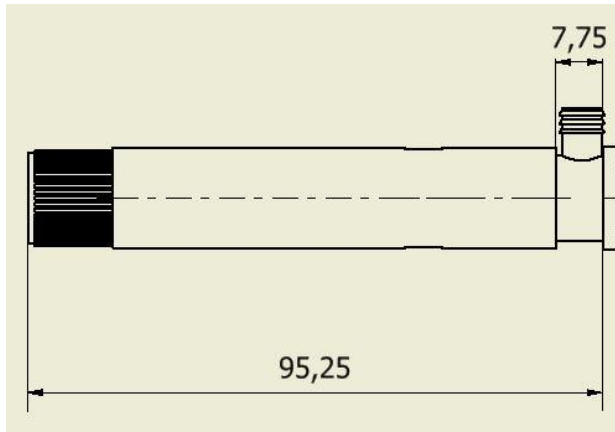
- [1] Badan Pusat Statistik Indonesia. 2017. **Proyeksi Penduduk Indonesia Berdasarkan Hasil Sensus 2010**. <URL:<https://www.bps.go.id/>> (Diakses 6 November 2017).
- [2] Medistiara, Yulida. 2016, **Ada Baru Ada 214 Industri Farmasi di Indonesia, Kemenkes: Harusnya Ribuan**. <URL:<https://finance.detik.com/berita-ekonomi-bisnis/3336321/baru-ada-214-industri-farmasi-di-indonesia-kemenkes-harusnya-ribuan/>> (Diakses 4 November 2017).
- [3] Sedyaningsih, Rahayu. 2012, **Produk Farmasi Indonesia Dominasi Produk Dalam Negeri**. <URL:<http://www.depkes.go.id/article/print/1850/produk-farmasi-indonesia-dominasi-produksi-dalam-negeri/>>. (Diakses 6 November 2017).
- [4] Dunford, Rosie., Su, Quanrong., Tamang, Ekraj., Wintour, Abigail. 2014. **The Pareto Principle**. Plymouth: The Plymouth Student Scientist.
- [5] Zasadzien, Michal. 2014, **Using the Pareto Diagram and FMEA (Failure Mode and Effects Analysis)**. Poland : Silesian Unibersity of Technology.
- [6] Setiawan, F D. 2008, **Perawatan Mekanikal Mesin Produksi**. Yogyakarta : Maximus.
- [7] Moubray, J. 1997, **Reliability Centered Maintenance II, 2nd Edition**. Oxford : Butterworth-Heinemann.
- [8] Barai, R M., Barve, P S., Harde, A V., dan Kadam, A D. 2012. **Reliability-Centered Maintenance Methodology for Goliath Crane of Transmission Tower**. IOSR Journal of Mechanical and Civil Engineering.

- [9] Palit, H C., Sutanto, Winny. 2012. "Perancangan RCM Untuk Mengurangi Downtime Mesin Pada Perusahaan Manufaktur Aluminium". **Prosiding Seminar Nasional Manajemen Teknologi XV**.
- [10] Pratama, A N., Prasetyawan, Yudha. 2014. "Perancangan Aktivitas Pemeliharaan Dengan Reliability Centered Maintenance II (Studi Kasus : Unit 4 PLTU PT.PJB Gresik)". **Jurnal Teknik Industri 1-6**.
- [11] Amalia, Zieda. 2016 . **Perancangan Sistem Pemeliharaan Pada Turbin 103-JT Menggunakan Metode Reliability Centered Maintenance (Studi Kasus : PT.Petrokimia Gresik Unit Amonia Pabrik I)**. Surabaya : Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- [12] Wulandari, Trisya. 2011. **Analisa Kegagalan Sistem dengan Fault Tree**. Depok : Universitas Indonesia.
- [13] Sudrajat, Ating. 2011. **Pedoman Praktis Manajemen Perawatan Mesin Industri**. Bandung : Refika Aditama.
- [14] Pujotomo, Darminto., Septiawan, Heppy . 2007 **Analisis Total Productive Maintenance Pada Line 8/Carbonated Soft Drink PT. Coca-Cola Bottling Indonesia - Central Java**. Semarang : Universitas Diponegoro.
- [15] Mobley, R K. 2008. ***Maintenance Engineering Handbook 7th edition***. United States of America : McGraw-Hill.
- [16] NASA. 2008. **RCM Guide For Facilities and Collateral Equipment**. United States of America : National Aeronautics and Space Administration.
- [17] Smith, A M., Hinchcliffe, G R. 2004. **RCM- Gateway to World Class Maintenance**. United States of America : Elsevier.
- [18] Aufar, A N., Prassetiyo, Yudha. 2014. "Usulan Kebijakan Perawatan Area Produksi Trim Chassis dengan menggunakan Metode Reliability Centered Maintenance". **Jurnal Online Institut Teknologi Nasional vol 2**.

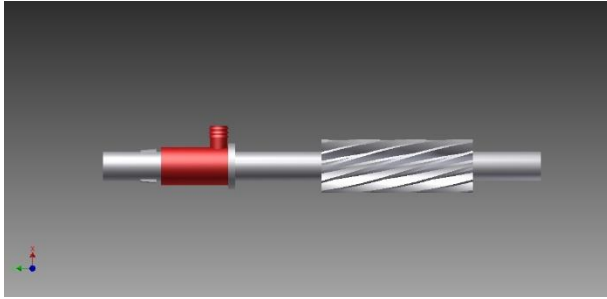
LAMPIRAN



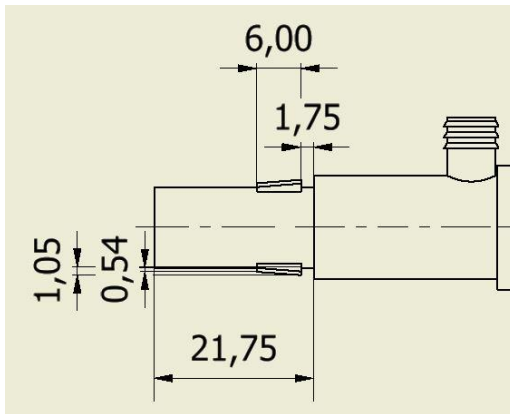
Lampiran 1 Tampak luar *greaser shell* baru yang telah di *assembly* dengan *spindle gear*



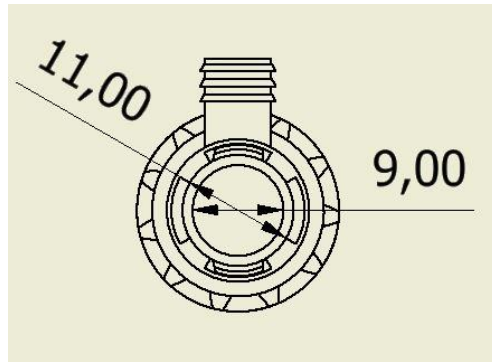
Lampiran 2 Tampak luar *greaser shell* baru yang telah di *assembly*



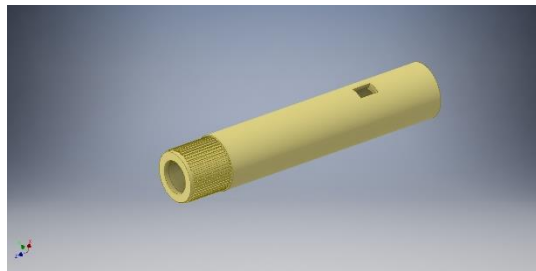
Lampiran 3 Tampak luar pipa penyalur fluida baru yang telah di *assembly*



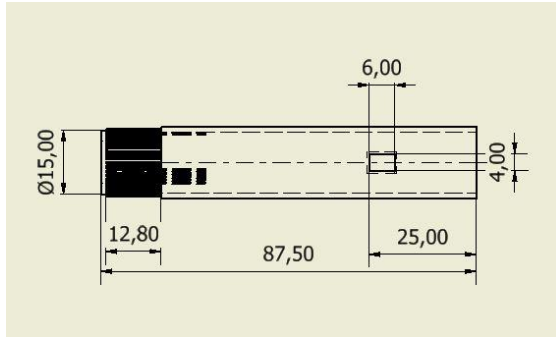
Lampiran 4 Dimensi pipa penyalur fluida baru bersama dengan poros



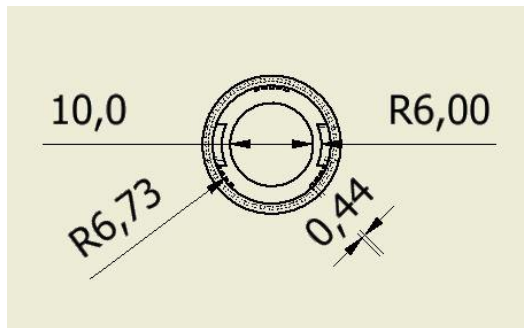
Lampiran 5 Dimensi pipa penyalur fluida baru bersama dengan poros, tampak depan



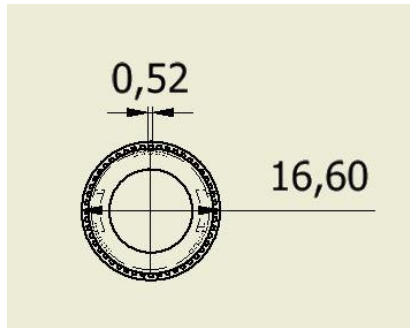
Lampiran 6 Greaser shell baru hasil *redesign*



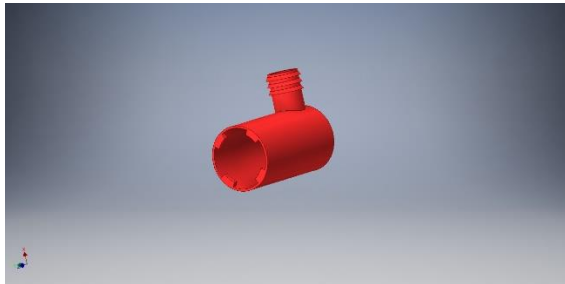
Lampiran 7 Dimensi *greaser shell* baru hasil *redesign*



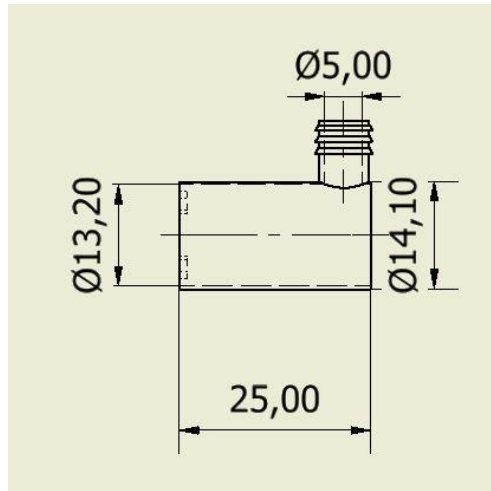
Lampiran 8 Dimensi *greaser shell* baru hasil *redesign*, tampak belakang



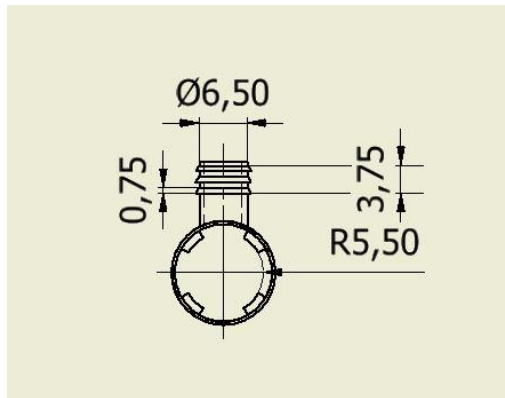
Lampiran 9 Dimensi *greaser shell* baru hasil *redesign*, tampak depan



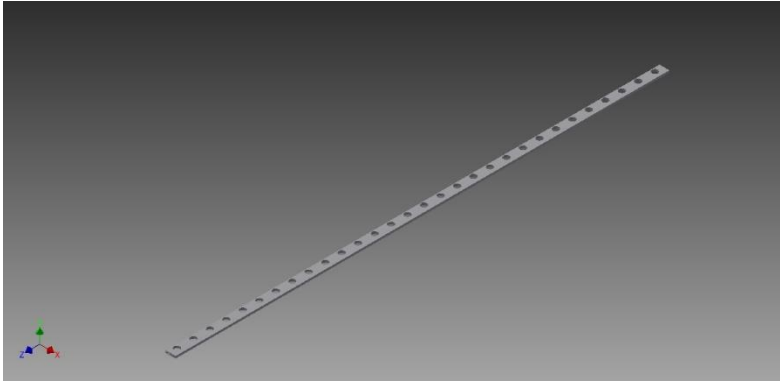
Lampiran 10 Pipa penyalur fluida



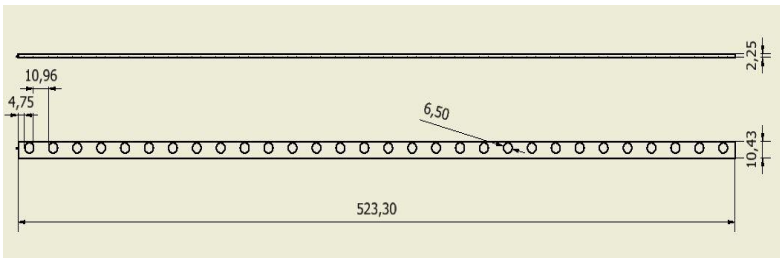
Lampiran 11 Dimensi pipa penyalur fluida baru



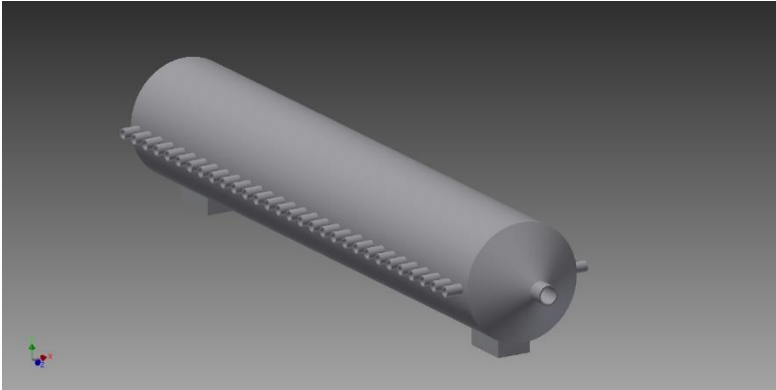
Lampiran 12 Dimensi pipa penyalur fluida baru, tampak depan



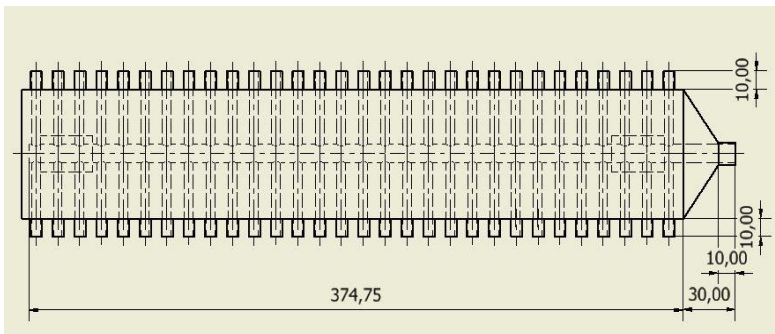
Lampiran 13 Penahan pipa fluida



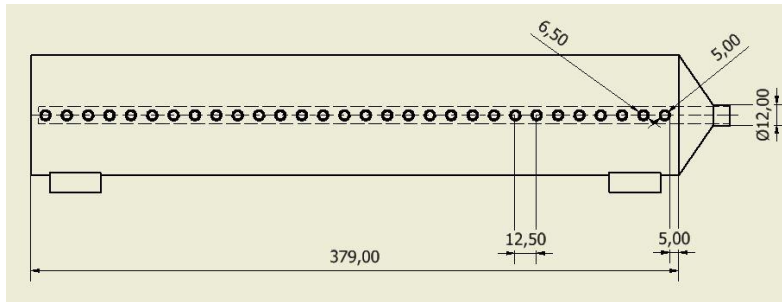
Lampiran 14 Dimensi penahan pipa fluida



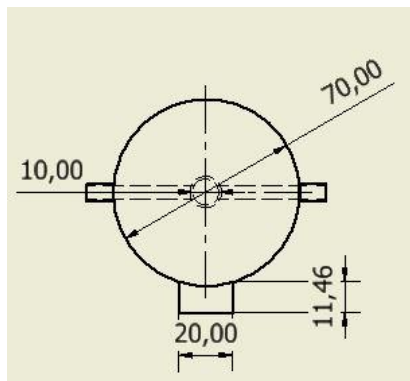
Lampiran 15 *Manifold* fluida



Lampiran 16 Dimensi atas *manifold* fluida



Lampiran 17 Dimensi samping manifold fluida



Lampiran 17 Dimensi depan manifold fluida

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

BIODATA PENULIS



Diastanto Eka D dilahirkan di Bandung, 20 Desember 1995 merupakan anak yang terlahir dari orangtua terbaik bernama Anang Asrianto dan Moelawardiasoeti. Penulis memulai pendidikan formal di SD Istiqamah Bandung pada tahun 2001-2007. Penulis melanjutkan pendidikannya di SMP Istiqamah Bandung pada tahun 2007-2010, kemudian penulis melanjutkan pendidikannya di SMAN 5 Bandung pada tahun 2010-2013. Selanjutnya penulis melanjutkan pendidikan jenjang S-1 Departemen Teknik Mesin di Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS) Surabaya melalui jalur SBMPTN.

Penulis mengambil bidang studi Rekayasa Sistem Industri dengan tugas akhir spesifik pada arah sistem perawatan. Semasa kuliah, penulis aktif dalam kegiatan akademik maupun organisasi. Penulis pernah menjadi asisten dosen dalam matakuliah Termodinamika. Dalam organisasi kemahasiswaan intrakampus, penulis aktif menjadi Kepala Biro Media Informasi di Himpunan Mahasiswa Mesin (HMM) pada periode 2015-2016. Dalam organisasi extrakampus, penulis tergabung dalam organisasi Earth Hour -Surabaya sebagai Volunter pada tahun 2014-2018 dan juga sebagai Co-Coordinator of Online Division periode 2015-2016. Penulis dapat dihubungi melalui email diastantoeka@gmail.com